

# **A FŐBB MAKRO- ÉS MIKROELEMOK KÖZÖTTI KÖLCSÖNHATÁSOK KÍSÉRLETES VIZSGÁLATA**

**KÁDÁR IMRE és CSATHÓ PÉTER**

**A kiadvány közleményeiben szerzők voltak:  
Csathó Péter, Kádár Imre, Márton László,  
Shalaby M.H, Turán Tamás**

**Magyar Tudományos Akadémia  
Agrártudományi Kutatóközpont  
Martonvásár, 2017**

**File: makroxmikro**

# **A FŐBB MAKRO- ÉS MIKROELEMOK KÖZÖTTI KÖLCSÖNHATÁSOK KÍSÉRLETES VIZSGÁLATA**

**ISBN: 978-615-5387-08-1**

**KÁDÁR IMRE és CSATHÓ PÉTER**

**A kiadvány közleményeiben szerzők voltak:**

**Csathó Péter, Kádár Imre, Márton László,  
Shalaby M.H, Turán Tamás**

**Magyar Tudományos Akadémia  
Agrártudományi Kutatóközpont**

**Lektorálta: Dr. Németh Tamás  
MTA rendes tagja**

**Technikai szerkesztő: Szilágyi Zoltánné**

## ELŐSZÓ

*Az agrokémia kezdetei, az 1800-as évek elejével egyre több ásványi elem hiányát azonosították. Liebig (1840) főként a kultúrtalajok, szántók P-hiányára hívja fel a figyelmet. Az évezredes gabonatermelés nyomán a P-ban gazdag magtermés elkerül a tábláról. A K-ban gazdag szalma és réti széna az istállótrágyán keresztül ugyanakkor a szántókat K-ban egyre jobban ellátottá teszi. Ezt a véleményt osztja itthon később Cserhádi Sándor is.*

*Ismert, hogy a laza, kolloidokban szegény homok- és láptalajok elsősorban K-hiányukkal tűnnek ki. Kilúgzásos viszonyok között, az északi övezetektől a trópusi tájakig, a talajok elsavanyodnak és elszegényednek Ca, Mg és más elemekben. Ezzel szemben az arid vidékeken a talajképző kőzetek bomlástermékei, mobilisabb elemei felszaporodnak. Míg pl. Skandinávia savanyú talajai Se-hiányosak, USA, Kína, Izrael arid vidékein a Se túlsúlya olyan mérvű lehet, mely már a legeltető állattenyésztést, tágabb értelemben az élelmiszerláncot veszélyeztetheti.*

*A tápelemek hiánya/túlsúlya nemcsak geológiai/talajtani okokkal függhet össze. Franciaországban már az 1960-as évekbe megfigyelték, hogy a legeltetett állatoknál fellépő Cu-hiány a tartós, intenzív N-használattal függ össze (Voisin, 1964). A talajgazdagító P-trágyázás Zn-hiányt indukált a PxZn antagonizmus eredményeképpen. Ez a jelenség a Zn-hiányra érzékeny kukoricában itthon is tetten érhető. A K-túlsúly gátolhatja más kationok, vagy egyéb mikroelemek felvételét. Fontos feladattá vált az elemek közötti antagonizmusok, illetve a kiegyensúlyozott táplálás kutatása.*

*Mivel az 1970-es évekkel hazánkban is kezdetét vette az intenzív műtrágyahasználat, fiatal kutatóként programot indítottam a fenti kérdések kísérletes vizsgálatára. Vajon milyen mértékben veszélyeztetheti talajaink termékenységét az egyoldalú N-, P- vagy K-műtrágyázás? Miképp ellenőrizhető és irányítható talaj- és növényelemzésekkel a kiegyensúlyozott növényellátás a szaktanácsadás során? Milyen talaj- és növényellátottsági határkoncentrációk / arányok jelölik az optimumokat?*

*Először tenyészedény kísérleteket állítottunk be meszes homok és csernozjom talajjal a NxCu, PxZn, KxB kölcsönhatások feltárására. Majd a mezőföldi telepünkön vizsgáltuk 25 éven át szabadföldi tartamkísérletekben a PxZn hatásokat kukorica monokultúrában. A NxCu (illetve NxCu<sub>x</sub>Mo), valamint a KxB (illetve KxB<sub>x</sub>Sr) kísérletek 15-17 éven át folytak vetésváltásban, különböző*

*növényfajokat tesztelve. A programhoz egyiptomi aspiránsom Hamada Shalaby (tenyészedény kísérletek), majd Csathó Péter, Turán Tamás fiatal munkatársak (szabadföldi vizsgálatok) csatlakoztak.*

*Bár az elmúlt évtizedekben a kísérletek eredményei alapvetően megjelentek tudományos folyóiratokban (Agrokémia és Talajtan, Növénytermelés), az adatok átfogó szintézisére nem került sor. Az atomizált közlések viszont a szakcikkek tengerében gyakran elvesznek. Ebből fakadóan vállalkoztunk arra Csathó Péterrel, hogy eredményeinket összefoglaljuk.*

*A P-túlsúly okozta terméseszkökenés jelenségét az Országos Műtrágyázási Kísérlethálózat mezőföldi termőhelyén szemléltetjük egy 40 éves kísérletben. Végül adatokat közlünk a hazai lisztek, kenyérfélék ásványi összetételéről.*

*A kiadvány ajánlható a kutatás, oktatás, szaktanácsadás és a téma iránt érdeklődők számára. A közölt adatok nem évülnek el, útmutatásul szolgálhatnak a jövőbeni nemzedékek számára. A kísérletezés, különösen a szabadföldi tartamkísérletezés komoly költségvonzattal járó tevékenység. Mai szemmel a több évtizedes munka mögött több száz-milliós kiadás rejtőzik. Nem valószínű, hogy hasonló programra belátható időn belül sort keríthetünk.*

*Kádár Imre és Csathó Péter*

**Budapest, 2016. október**

## TARTALOMJEGYZÉK

<b>I. A foszfor és a cink közötti kölcsönhatások vizsgálata</b>	<b>7</b>
1. Általános bevezetés és irodalmi áttekintés	7
2. Tenyészedény kísérlet kukoricával homoktalajon	15
3. Tenyészedény kísérlet kukoricával csernozjom talajon	21
4. Szabadföldi tartamkísérlet csernozjom talajon, Mezőföldön	27
4.1. A nagyhörcsöki kísérleti telep ismertetése	27
4.2. A 25 éves kukorica monokultúra adatai	31
4.2.1. Az 1978-1981. évek eredményei	31
4.2.2. Talajvizsgálatok egyéb adatai	40
4.2.3. A P és a Zn trágyázás hatása a kukorica termésére	43
4.2.4. A kukorica ásványi összetételének alakulása	50
4.2.5. Rövid összefoglalás. Tanulságok	52
<b>II. A nitrogén, a réz és a molibdén közötti kölcsönhatások vizsgálata</b>	<b>53</b>
1. Tenyészedény kísérlet homoktalajon 1982-ben	53
2. Tenyészedény kísérlet csernozjom talajon 1982-ben	59
3. Szabadföldi tartamkísérlet meszes csernozjom talajon	65
3.1. Általános bevezetés és irodalmi áttekintés	65
3.2. A kísérlet anyaga és módszere	68
3.3. Tavaszi árpa 1988-ban	70
3.4. Őszi búza 1989-ben	77
3.5. Őszi árpa 1990-ben	84
3.6. Kukorica 1991-ben	90
3.7. Tritikále 1992-ben	96
3.8. Burgonya 1993-ban	104
3.9. Zab 1994-ben	114
3.10. Rozs 1995-ben	122
3.11. Lucerna 1996-1999. években	131
3.12. Repce 2000-ben	140
3.13. Mák 2001-ben	146
3.14. Napraforgó 2002-ben	153
<b>III. A kálium, a bór és a stroncium közötti kölcsönhatások vizsgálata</b>	<b>159</b>
1. Általános bevezetés és irodalmi áttekintés	159
2. Tenyészedény kísérlet a napraforgóval homoktalajon	162
3. Tenyészedény kísérlet napraforgóval csernozjom talajon	167
4. Szabadföldi tartamkísérlet csernozjom talajon, Mezőföldön	171
4.1. Napraforgó 1988-ban	173
4.2. Kukorica 1989-ben	181
4.3. Tavaszi repce 1990-ben	192

4.4. Lucerna 1991-1994. években	200
4.5. Cirok 1995-ben	213
4.6. Őszi búza 1996-ban	218
4.7. Bab 1997-ben	223
4.8. Mák 1998-ban	228
4.9. Őszi árpa 1999-ben	232
4.10. Tritikále 2000-ben	236
4.11. Koronafürt 2001-2004. években	242
<b>Szakirodalmi hivatkozások</b>	<b>252</b>
<b>IV. A búza utáni kukorica trágyareakciója a mezőföldi OMTK kísérletben 1969-2007 között</b>	<b>267</b>
<b>V. Adatok a hazai lisztek és kenyerek ásványi összetételéhez</b>	<b>278</b>
<b>MTA ATK TAKI kiadványai</b>	<b>291</b>

---

## I. A foszfor és cink közötti kölcsönhatások vizsgálata

---

### 1. Általános bevezetés és irodalmi áttekintés (Turán Tamás szemle-cikke nyomán)

A növények ásványi táplálásának tudományos igényű vizsgálata az 1800-as évek elején a hamu elemzésével kezdődött. A foszforsavat de Saussure minden általa vizsgált növény hamujában megtalálta, és megállapította, hogy nélküle a növények nem létezhetnének. Wiegmann és Polstorf braunschweigi gyógyszerészek azt is tisztázták 1842-ben, miszerint ezeket a hamualkotó vegyületeket nem maga a növény készíti, hanem a talajból veszi fel őket. Részletesebben Liebig tárta fel a foszfor jelentőségét a növények táplálásában, mivel a XIX. század közepétől már tudományos szabadföldi, tenyészedény- és vízkultúrák kísérletek eredményei álltak rendelkezésre. A foszfortrágyázással kapcsolatos első szabadföldi kísérleteket 1840–1850 táján J. B. Lawes angol műtrágya gyáros végezte, aki Liebig (és saját) trágyaszereit próbálta ki rothamstedi földjén. Bár kettejük között nem volt egyetértés a trágyák hatásának elméletében, azt Lawes is megállapította, hogy a foszfor a répa esetében hatékonynak bizonyult (*Liebig 1876, in: Kádár, 1996*).

Hazai földön Rázsó (1898) számolt be a szuperfoszfát terméshozó hatásának kipróbálásáról. Cikkében többek között egy kecskai gazda véleménye ad képet a kísérlet eredményességéről: „úgy a szalmában, mint a szemben nagy terméshozó mutatkozik a műtrágya javára, miért is helyénvalónak találom annak alkalmazását.”

A cink élettani jelentőségére Thorne (1957) szerint elsőként Raulin utalt 1863-ban. Bizonyította, hogy a cink szükséges a növekedéshez gombákkal végzett kísérletében. Javillier (1912) *Aspergillus niger* fajon jutott ugyanerre a következtetésre, sőt beszámolt arról is, hogy cink-szulfát- (5,4–54 kg/ha) kezeléssel búzán, kukoricán, borsón fokozott növekedést észleltek. A cink esszenciális voltát véglegesen Sommer és Lipmann (1926) igazolta. Ezen eredmények után már 1927-ben sikeresen kezelték Zn-hiányos kukoricát, földimogyorót, borsót Floridában cink-szulfáttal. Alben és munkatársai (1932) tung olajfa, más kutatók pedig néhány gyümölcsfa esetében észleltek Zn-reakciót.

A fentebb bemutatott két elem (P, Zn) kölcsönhatásainak vizsgálatára csak a XX. század első negyedében indultak el a kutatások. Ekkor már a P-trágyázást elterjedten alkalmazták a fejlett növénytermesztői kultúrával rendelkező országokban és azt tapasztalták, hogy szuperfoszfát tartós alkalmazása után bizonyos növényeken (főleg kukorica, bab) Zn-hiány tünetek lépnek fel. Olykor a P-műtrágyák alkalmazása Zn-hiányt váltott ki, más esetekben nem. Fontos támpontja volt a kutatásnak azon talajok vizsgálatának megkezdése, ahol a Zn-hiány rendszeres volt. Mowry és Camp (in: Thorne, 1957) már 1934-es floridai tanulmányukban olajfa esetében tapasztalt Zn-hiányról írva beszámoltak arról, hogy a talaj magas foszfáttartalma fontos tényező a felvehető cink csökkentésében. Kaliforniában Chandler (1937, in: Thorne, 1957) azt tapasztalta, hogy a Zn-hiány általánosan előfordul állattartó telepek karámjainak helyén, ahol a talajok oldható foszfáttartalma gyakran igen magas. Utah államban Thorne és Wann (1950) tesztelt Zn-hiányos talajokat, s a talaj magas oldható foszfáttartalmát regisztrálták.

Ausztráliából *West (1938)* számolt be citrusféléken tapasztalt Zn-hiány tünetekről, szuperfoszfáttal trágyázott táblákról. *Leggett (1952, in: Thorne, 1957)* radioaktív Zn-izotópot a talajba juttatva vizsgálta eltérő P-kezelések hatását a növények Zn-felvételére. A bab Zn-tartalmában 20–30 %-os, a kukoricában 30–50 %-os visszaesést tapasztalt 780 kg  $P_2O_5$ /ha kezelés hatására, bár Zn-hiány tünetek nem voltak észlelhetők. Tápoldatos kísérletben *Chapman és munkatársai (1937, in: Thorne, 1957)* idéztek elő Zn-hiány tüneteket citrusféléken (levélfoltosodást) az oldat foszfátkoncentrációjának változtatásával. A magas foszfátkoncentráció növelte a levélfoltosodás mértékét.

A foszfátok Zn-felvételére gyakorolt további szerepének felderítésében *Staker (1942)* ért el újabb eredményeket, amikor jelentősen csökkentette a cink toxicitását foszfátkezeléssel egy 10,16 % Zn-tartalmú, New York állam nyugati részéről származó tőzegtalajon. Négyféle talajmintát vizsgált, melyek Zn-tartalma 0,43–10,16 % között volt. Üvegházi, laboratóriumi és szabadföldi körülmények között, spenót teszt növényrel dolgozott. A foszfát (Na-metafoszfát, 9860 kg/ha) minden más kezelésnél hatékonyabbnak bizonyult, beleértve a meszezést is.

A fent említett tanulmányokkal szemben azonban *Boawn és munkatársai (1954)* nem tudták befolyásolni sem a kezelésekkel adott, sem a talaj természetes Zn-tartalmából származó cink felvételét szuperfoszfát-kezeléssel a Columbia-medencében (Washington körzetében), babbal végzett szabadföldi kísérletükben. A foszfátoknak nem volt hatásuk a Zn-felvételre annak ellenére, hogy 390 kg  $P_2O_5$ /ha dózist is kijuttattak és a babnövény P-tartalma megduplázódott. A szerző őszibarackfák Zn-hiány tüneteinek fokozásával is megpróbálkozott, azonban 1000 kg/ha  $P_2O_5$ -dal egyenértékű szuperfoszfát-kezeléssel sem ért el eredményt. Ezt a kezelést olyan gyümölcsösben végezte, ahol az enyhe Zn-hiány tünetek általánosak voltak. *Jamison (1944)* a cink oldhatóságát vizsgálva foszfátoldatban levonta a következtetést, hogy pH 7,0 alatt és 8,0 felett az oldhatóság jelentősen emelkedett.

Habár a foszfátok a talajban a cink oldhatósága ellen hatnak, kétséges, hogy a Zn-hiány kialakulása magyarázható lenne a foszfátok általi direkt Zn-kicsapással – vonja le a következtetést *Thorne (1957)*.

Indiában az intenzíven művelt rizsföldeken nagyadagú NPK-trágyázással együtt Zn-trágyázást is alkalmaztak a sikeres termesztés érdekében. A P- és Zn-kijuttatás hatását tanulmányozó kutatás a növénybeni P- és Zn-koncentrációra azonban itt is ellentmondásos eredményeket hozott. *Haldar és Mandal (1981)* csökkent Zn-felvételt tapasztalt P-kezelés hatására üvegházi tenyészedény-kísérletben nyugat-bengáliai alluviális meszes agyagtalajon (pH 7,7–8,0, agyag 32–43 %, szerves C 0,86–1,15 %, felvehető P 6,1–8,4 ppm). *Bhadrachalan (1969)* azonban nem figyelt meg változást a rizs Zn-felvételében. Igaz, a kérdés kezdeti kutatásában egyes szerzők nem vették figyelembe a növény életkorát, amely befolyásoló tényező. *Chatterjee és munkatársai (1982)* Nyugat-Bengáliából származó gangeszi alluviális rizs talajon (pH 6,5, szerves C 0,61 %, Olsen-P 12,0 ppm, DTPA-Zn 1,1 ppm) tenyészedény-kísérletben vizsgálták P- (0, 50 és 100 ppm  $KH_2PO_4$ ) és Zn- (0, 5 és 10 ppm  $ZnSO_4$ ) kezelések hatását a növényi felvételre. Egy cserépbe 2 db 25 napos rizsnövényt ültettek, a vizsgálatokat pedig 60 és 115 napos korban végezték. Mint megállapítják, szükséges a Zn-trágyázás a nagyobb adagú P-kijuttatás esetén, ellensúlyozandó az antagonista hatást.



*Rajagopal és Mehta (1971)* vizsgálatai szerint a P- és Zn-kezelések nemcsak egymás felvételét befolyásolták (a 100 kg/ha  $P_2O_5$ -kezelés a növényben 34,3 %-kal mérsékelte a Zn-tartalmat), hanem a cink nagyobb koncentrációban (20 ppm) a vas és a réz jelenlétét csökkentette, kisebb koncentrációban (5 ppm) a Mn-felvételt növelte a növényben. A kukorica tenyészedény-kísérlet beállítási adatai a következők voltak: 200 kg N/ha  $(NH_4)_2SO_4$  formában és 100 kg  $K_2O$ /ha  $K_2SO_4$  formában egységes alaptrágyák, 0 és 100 kg  $P_2O_5$ /ha P-kezelések (kálium-dihidrogén-foszfát), 0, 2,5, 5, 10 és 20 ppm Zn-kezelések  $ZnSO_4$  formában. A talaj Gujaratból (India) származó meszes homok (pH 7,1, szerves C 0,49 %, bikarbonát-oldható P 5,2 ppm, dithizone  $NH_4O$ -Ac-oldható Zn 0,52 ppm). A kukorica termését jobban tudták növelni cink és foszfor együttes alkalmazásával, mint csak P-adagolással.

*Labanauskas és munkatársai (1958)* két egymást követő évben adott 9 kg/ha szuperfoszfát-kezelés mellett az avokádó levelében Zn- és Cu-koncentráció csökkenést tapasztaltak a P-kezelést nem kapott növényekhez viszonyítva. Összefoglalójukban tapasztalataikat úgy összegzik, hogy több éven át tartó magas P-ellátottság az avokádó növényben mikroelem hiányhoz vezethet, különös tekintettel a cinkre.

*Ward és munkatársai (1963)* annak a jelenségnek az okát kutatták, miért fordul elő időnként, hogy P-tartalmú starter trágyák visszafogják a kukorica növekedését. A sorokba kijuttatott P-trágya számottevően mérsékelte a növény Zn-koncentrációját és a talajtömörödöttség, valamint a nedvességtartalom emelkedése csak fokozta a Zn-tartalom csökkenését. Megállapították, hogy az öntözés tömörödött talajon, ahol a talaj P-tartalma magas, Zn-hiányt okozhat.

Hogy mi lehet a szerepe a  $CaCO_3$ -nak és mi a foszfornak ebben a folyamatban, azt *Pauli és munkatársai (1968)* próbálták kideríteni. Tenyészedény-kísérletükben teszt növényként babot használtak, melyet mosott kova homoktalajon vetettek el, P-, Zn- és  $CaCO_3$ -kezeléseket alkalmazva. A karbonát a teljes növény Zn-tartalmát jelentősen csökkentette. Ez a hatás leginkább a levélben volt kifejezett, ahol a Zn-felvétel közel 90 %-kal esett vissza. A nagyadagú P-kezelések  $CaCO_3$  nélkül a növényi részek Zn-koncentrációját megemelték és a vízdoldható Zn-tartalom nagyságrendi növekedését okozták a termesztő közegben, eltérően a szabadföldi kísérleteknél tapasztaltakkal, ahol a nagy P-dózis gyakran Zn-hiány kialakulásához vezetett. A  $CaCO_3$ -kezelés magas P-szinttel párosulva nem okozott szignifikáns változást a növényi Zn-tartalomban, növekedett viszont a foszfornak a levelekbe történő transzlokációjának aránya. Megállapítható tehát, hogy a túlzott  $CaCO_3$ -ellátás eltérően befolyásolja a babnövényben a foszfor és cink transzportját a gyökértől a levelek felé.

A foszfor és cink alkalmazásának kedvezőtlen hatása, vagyis a kölcsönhatások következtében esetlegesen kialakuló Zn-hiány növényfiziológiai alapú, nem pedig egyszerű kémiai kicsapódás (Zn-foszfátként) a gyökéren kívül, állapítja meg *Stukenholz (1965)* doktori értekezésében.

*Ragab (1980)* megpróbált fényt deríteni a P-Zn kérdés növényfiziológiai, -életteni hátterére. Üvegházban, 3-féle egyiptomi talajjal végezte kísérleteit kukorica teszt növényen. A már korábban megállapított szokásos interakciót ő is tapasztalta, a növekvő P-adagolás csökkentette a növény Zn-tartalmát. A gyökérben és a hajtásban eltérő mennyiséget tapasztalt a kezelések hatására: a P-adagolás a gyökérben növelte, a hajtásban viszont csökkentette a cink jelenlétét. Ezt a jelenséget a len

esetében is megfigyelték már. *Ragab (1980)* úgy véli, hogy a P–Zn kölcsönhatás oka a gyökéren belül keresendő: a Zn-szállítás a gyökérből a hajtásba fiziológiailag gátolt vélhetően azért, mert a gyökér megemelkedett sókoncentrációja ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ) depolarizálhatja a xylem-potenciált, ezzel az anionok átjutását növelve, a kationokét ( $\text{Zn}^{2+}$ ) pedig csökkentve a relatíve kevésbé negatív xylem nyáláb felé. A túlzott karbonát tartalom befolyásolja ezen elemek viszonyát a növényen belül azzal, hogy csökkenti a Zn-szállítást és növeli a P- szállítást a gyökérből a hajtásba.

A P–Zn-trágyázás és a mikroelem-felvétel viszonyait tárgyalja *Warnock (1970)*. Üvegházi tenyésztés-kísérletben karbonátos (3–4 % szabad mész, pH 8,4) agyagos vályogtalajon kukoricát termesztett (ezen a talajon szabadföldön Zn-hiányt tapasztaltak). 7-féle P/Zn arányt állított be a talajban kezeléseivel az 520/0-tól a 0/40 ppm-ig. A két legtagabb arányú kezelésnél ( $\text{P}_{520}$ ,  $\text{Zn}_0$  és  $\text{P}_{260}$ ,  $\text{Zn}_{1.25}$ ) a növények Zn-hiányosak voltak. Ahhoz, hogy a Zn-hiány látható tünetei megjelenjenek – és emiatt *Shulka és Morris (1967)* szerint a növény Zn-hiányosnak minősüljön – a levél- és szárszövetek Zn-koncentrációjának 12 ppm-nél kevesebbnek kell lennie. Ebben az esetben ez megtörtént és a Zn-hiány tünetei megjelentek. Bár a 130/2,5 ppm P/Zn arányú kezelésnél nem tapasztalt Zn-hiány tünetet, a szár és a levél szöveteinek Zn-koncentrációja megegyezett a Zn-hiányos növényekével. Ez mutatja, hogy e kezelés növényeinek fejlődését a cink behatárolta, bár növekedésben a legjobbnak bizonyultak az összes többihez képest. Az eddig leírtak nem sok újdonságot tartalmaztak a korábban bemutatott irodalmi adatokkal összehasonlítva. *Warnock (1970)* azonban a Fe- és a Mn-tartalom változásában is összefüggéseket tapasztalt. A Zn-hiányos növény leveleiben a vas koncentrációja mintegy hétszeresére emelkedett (80-ról 570 mg/kg-ra), a mangáné megduplázódott (45-ről 109 mg/kg-ra). A vas, cink és mangán közötti ismert antagonizmus miatt a megemelkedett Fe-koncentráció a Zn-hiányos szövetekben hozzájárulhat az élettani zavarok kialakulásához – állapítja meg végül a szerző.

Csernozjom talajon álló, rozettásodással Zn-hiányra utaló almaültetvények talajvizsgálati eredményeinek értékelése során orosz kutatók is hangsúlyozzák a talaj magas P-tartalmának, alacsony humusztartalmának és magas pH-jának fontosságát a felvehető cink csökkentésében (*Naumov et al., 1984*).

A durum búzáknak kenyérgabonákéhoz viszonyított nagyobb érzékenységet a Zn-hiányra *Cakmak és munkatársai (1996)* hangsúlyozzák. Törökországban, Közép-Anatólia vidékén a talajok Zn-hiánya általános problémája a búzatermesztésnek, az átlagosan 7,9 pH-jú talajok több mint 90 %-a 0,5 mg/kg-nál kevesebb DTPA-kivonható cinket tartalmaz, ami a növénytermelés szempontjából kritikus. A kísérletek szerint a durum búzákon korábban és nagyobb mértékben jelentkeztek a Zn-hiány tünetei, mint a kenyérbúzákon és a hajtás szöveteinek Zn-koncentrációja is mérsékeltebb volt.

A P x Zn interakciót tápoldatos kísérletben gyapotnövényen vizsgálva *Cakmak és Marschner (1986)* megállapítják, hogy – más növényfajokhoz hasonlóan – ebben az esetben is a foszfor által kiváltott Zn-hiány elsősorban a megnövekedett P-felvételnek és -transzlokációnak a következménye, nem pedig a Zn-felvétel gátlása miatt következik be. Kísérletükből született második közleményükben (*Marschner & Cakmak, 1986*) arról is beszámolnak, hogy  $^{32}\text{P}$ -izotóppal végzett vizsgálatuk során a Zn-hiányos növények esetében a  $^{32}\text{P}$  mindössze 7,8 %-a szállítódott bazipetálisan, míg ez az arány egy megfelelően ellátott növényenél 34 % volt. A fentiekből egy, a

hajtásban jelenlévő, a gyökerek P-felvételét és a P-transzportot szabályozó visszacsatolási mechanizmus Zn-hiány okozta károsodásra következtetnek a szerzők, melynek eredményeképpen toxikus mértékben halmozódik fel a foszfor a levelekben a gyökér felé zajló visszashállítódás elmaradása vagy lecsökkenése miatt.

Hazánkban elsőként a gyümölcstermesztők számolnak be Zn-hiány tünetekről, melynek jellegzetességeit az alma esetében *Husz (1941)* már az 1930-as években leírta és „A beteg növény és gyógyítása” c. munkájában a 2 %-os  $\text{ZnSO}_4$ -oldatos kezeléssel elért eredményeket is taglalja. Alma, birs, szilva, cseresznye, őszibarack növények esetében főleg laza homoktalajon, magas pH esetén gyakori jelenség a Zn-hiány; kötött, nagy agyagtartalmú talajokon ritkán fordul elő. Mivel a cink főleg a feltalajban van, a forgatás után felszínre került altalaj sokszor nem teszi lehetővé a megfelelő Zn-ellátást. A talaj túlmeszezése és a nagyadagú P-trágyázás szintén kiválthatja a Zn-hiány tüneteinek megjelenését (*Papp, 1974; Kádár, 2002*).

*Mohácsy (1959)* is megemlíti, hogy a Duna–Tisza közti homokterületeken gyakori, hogy az almafa rendellenesen fejlődik, hajtásai elsöprűsödnek. Ez Zn-hiánnyal függ össze, a gyógyításra 2 %-os Zn-galic oldatot javasol. A P-trágyázás és meszezés Zn-felvételre gyakorolt hatásairól még nem ír a szerző.

Az 1970-es évek közepén szántóföldön is tapasztalható volt, hogy a foszforral jól ellátott, „feltöltött” meszes talajon, ahol az oldható Zn-készlet egyébként is alacsony és a növényi részek Zn-tartalma a kielégítő ellátottság alsó harmadában található, az őszi búza szerveinek Zn-koncentrációja akár a felére is lecsökkenhet. *Elek és Kádár (1975)* mészlepedékes csernozjom talajon beállított szabadföldi faktoriális NPK-kísérletükben a búza mikroelem- és makroelem-tartalmát vizsgálták levélanalízissel bokrosodáskor és virágzáskor. A Zn-, Cu-, Mn-, B- és Fe-tartalmakat mérve megállapították, hogy a nagyadagú P-trágyázás jelentős mértékben (mintegy 40 %-kal) csökkentette a növények Zn-tartalmát. Nagymértékű változást tapasztaltak még a Mn- és a Fe-tartalomban is. A Mn-tartalom 35 %-kal növekedett virágzáskor foszforhatásra, míg a Fe-tartalom csökkent 40 %-kal a bokrosodás idején (*1. táblázat*). A mangánra vonatkozó eredmények itt hasonlóak a *Warnock (1970)* által leírtakhoz, a Fe-tartalomban azonban a magyar kutatók csökkenést, Warnock 7-szeres növekedést tapasztalt P-kezelés hatására. Ugyanebben a kísérletben a Zn-érzékeny kukorica már termésnövekedéssel reagált a P-indukálta Zn-hiányra (*Kádár & Elek, 1977; Kádár & László, 1979*).

Az említett kísérlethez közeli Mezőfalvai Mezőgazdasági Kombinát trágyázási gyakorlatának áttekintése után kiderült, hogy a táblák egy részének P-ellátottsága már nemkívánatos mértékben emelkedett. A helyszíni talaj- és növényvizsgálatok, valamint az üzemi tápelemmérlegek adatai alapján *Kádár és munkatársai (1981)* javasolták a PK-műtrágyák használatának mintegy 50 %-os mérséklését és egyidejűleg a kukorica Zn-, ill. az őszi búza Cu-trágyaszerekkel való kezelését.

Az 1970-es évek derekával földművelésünk P-mérlege országosan is erősen pozitívvá vált (*Kádár, 1979*). Az élenjáró nagyüzemek tábláinak P-ellátottsága gyakran az optimum fölé került. Mivel a kukorica a legnagyobb területen termesztett Zn-érzékeny kultúránk és főként a meszes termőhelyek növénye, az 1980-as években szabatos tenyészedény- és szabadföldi kísérletekben vizsgálták a P–Zn elemek közötti kölcsönhatásokat (*Kádár & Shalaby, 1984, 1986; Shalaby & Kádár, 1984; Kádár & Csathó, 2002; Kádár & Turán, 2002*).

Tenyészedény-kísérletben (5 növény/edény, 64 kezelés, 2 ismételtes, betakarítás 30 cm-es, 6-leveles korban) mészlepedékes csernozjom talajon ( $\text{CaCO}_3$  5 %, humusz 3 %, MÉM NAK (1979) határértékek alapján igen jó Mn-, kielégítő Mg- és Cu-, közepes N- és K-, valamint gyenge P- és Zn-ellátottság) Kádár és Pusztai (1982) vizsgálta az NPK-túltrágyázás hatásait a levéldiagnosztikai szempontból fontos információkat hordozó 6-leveles kukorica elemfelvételére. Közleményükben ismételtén felhívják a figyelmet az általuk is tapasztalt P–Zn antagonizmusra és a feltöltő trágyázás mikroelem-tartalmat befolyásoló veszélyeire.

A mezőföldi mészlepedékes csernozjom talajon folyó, még az 1960-as évek végén beállított Országos Műtrágyázási Tartamkísérletekben évente 0,4–2,0 t/ha szemtermés- csökkenéssel reagált a kukorica a P-túlsúlyra. A P-túlsúly által kiváltott Zn-hiány, ill. terméscsökkenés Zn-trágyázással megszüntethető volt (Csathó et al., 1989; Csathó, 2002).

1. táblázat: Néhány mikroelem mennyisége az őszi búzában (mg/kg) növekvő P-adagok hatására (Mészlepedékes csernozjom talaj, Nagyhörcsök, Mezőföld) (Elek & Kádár, 1975)

Mintavétel ideje	kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha				SzD <sub>5</sub> %	Átlag
	0	500	1000	1500		
Fe						
Bokrosodás	329	198	201	198	17	231
Virágzás	116	108	105	106	6	109
Mn						
Bokrosodás	90	88	92	91	2	90
Virágzás	55	73	74	76	2	69
Zn						
Bokrosodás	23	15	14	14	1	16
Virágzás	25	14	12	12	2	16
Cu						
Bokrosodás	10	9	10	11	1	10
Virágzás	6	5	4	4	0,4	5
B						
Bokrosodás	8	7	7	7	0,1	7
Virágzás	4	4	4	4	–	4

Kádár (1987) a kukorica ásványi táplálásáról írt munkájában is rámutat a Zn-ellátás fontosságára, melynek hiánya felléphet meszes, foszforral jól ellátott talajon. Amennyiben a P/Zn arány a zöld növényi részekben a 200 körüli értéket eléri vagy meghaladja, a Zn-trágyázás hatékony lehet. A 2. táblázatban jól tanulmányozható a túlzott P-ellátottság (és ezzel a tág P–Zn arányok) termésdepressziót előidéző hatása Kádár (2003) munkája alapján. A szerző 20–50 kg/ha  $\text{ZnSO}_4$ -ot javasol a talaj Zn-szolgáltató képességének tartós javítására.

2. táblázat: A talaj P-ellátottságának hatása a légszáraz kukorica összetételére 1993-ban (Mészlepedékes csernozjom talaj, Nagyhörcsök) (Kádár, 2003)

Elem	AL-oldható P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , mg/kg				SzD <sub>5%</sub>	Átlag
	78	105	175	263		
4–6 leveles hajtás						
Termés, g/20 db	68	60	40	32	11	50
Ca, %	0,48	0,51	0,54	0,57	0,03	0,53
Mg, %	0,36	0,39	0,40	0,43	0,03	0,40
P, %	0,30	0,35	0,38	0,44	0,02	0,37
Mn, mg/kg	85	91	100	117	7	98
Al, mg/kg	38	33	33	30	8	33
Zn, mg/kg	28	21	18	15	3	20
Sr, mg/kg	11	17	21	27	3	19
P/Zn arány	107	167	211	293	36	194
Szár						
Termés, t/ha	6,4	5,3	3,7	2,4	0,8	4,5
P, mg/kg	683	789	981	1138	114	898
Mn, mg/kg	82	91	87	98	10	90
Zn, mg/kg	21	16	12	11	3	15
Sr, mg/kg	13	14	17	20	1	16
P/Zn arány	33	49	82	103	12	67
Szem						
Termés, t/ha	6,4	5,7	3,9	2,4	0,6	4,6
K, %	0,68	0,73	0,79	0,85	0,04	0,76
P, %	0,23	0,26	0,30	0,36	0,02	0,28
Mg, %	0,11	0,12	0,13	0,13	0,01	0,12
Zn, mg/kg	16,6	13,7	11,4	10,4	1,1	13,0
Mn, mg/kg	4,6	4,8	5,2	5,7	0,4	5,1
Cu, mg/kg	1,2	0,9	0,8	0,7	0,2	0,9
P/Zn arány	132	184	270	343	46	232

As, Se, Ni, Co, Cr, Hg, Cd 0,1 mg/kg mérés határ alatt. A S átlagosan 0,14 %, a kezelésektől függetlenül

Az optimális P/Zn arányt a kukoricalevélben Csathó és munkatársai (1989) 80–150 körüli értékben állapítják meg, a 200-as érték már Zn-hiányt jelent.

A mikro-és makroelemtrágyák közötti kölcsönhatások további tanulmányozására az MTA TAKI Nagyhörcsöki Kísérleti Telepén 1977 őszén P- és Zn-kezelésekkel beállított szabadföldi tartamkísérlet szolgált. A kísérlet talaja löszön képződött meszes csernozjom, mintegy 5 % CaCO<sub>3</sub>-ot és 3 % humuszt tartalmaz a szántott rétegben. A pH(KCl) 7,3, az AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 60–80, AL-K<sub>2</sub>O 140–160, KCl-Mg 150–180, az EDTA-Mn 80–150, az EDTA-Cu 2–3, ill. EDTA-Zn 1–2 mg/kg értékekkel jellemezhetők. A MÉM NAK (1979) által elfogadott módszerek és határértékek alapján a talaj igen jó Mn-, kielégítő Mg- és Cu-, közepes N- és K-, valamint gyenge P- és Zn-ellátottságú. A talajvíz 13–15 m mélyen helyezkedik el, a terület aszályérzékeny, éghajlata az Alföldéhez hasonlóan szárazságra hajló. Átlagos középhőmérséklete 11 °C, éves átlagos csapadékösszege 576 mm. A kísérlet elrendezése split-plot, 4P×3Zn = 12 kezeléssel és 3

ismétlésben, összesen 36 db  $4,9 \times 15 = 73,5$  m<sup>2</sup>-es parcellával. A tesztnövény kukorica (monokultúra).

*Csathó és Kádár (1989)* 1980-ban 1 t/ha-os termés csökkenést tapasztalt e kísérlet 150–200 mg/kg AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-ot tartalmazó parcelláján, ahol Zn-trágyázás nem történt és a virágzáskori kukoricalevél P/Zn aránya 250, vagy e feletti volt.

A nagyhőrcsöki tartamkísérlet feldolgozása és értékelése során az első négy év tapasztalatait összegezve megállapítottuk, hogy az 1000 kg/ha feltöltő P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-trágyázás gazdaságtalan és Zn-hiányt okozva termés csökkenéshez vezet, melyet 40 kg/ha Zn-trágyázással ellensúlyozni lehet. A P/Zn arány ideális értéke a vegetatív növényi részben (kukorica) 50–150, 200 feletti érték esetén a Zn-trágyázás hatékony lehet. 1978-ban a P-túlsúly és az augusztusi aszály a meddő tövek arányát 13–20 %-ra növelte (*Kádár & Turán, 2002*).

### Összefoglalás

A P–Zn kölcsönhatások vizsgálata az 1930-as évektől indult, amikor növény- és talajvizsgálatok alapján arra következtettek, hogy e két elem egymás növényi felvételét befolyásolja. A P-trágyák egyre elterjedtebb alkalmazásával megjelenő P-indukálta Zn-hiány gyakori jelenséggé vált a XX. század második felében. A Zn-hiány, és az emiatt fellépő élettani zavarok okaiként több lehetséges változatot is megemlítenek a kutatók. Általános az a vélemény, hogy a P-trágyázással kiváltott Zn-hiány nem a foszfátok általi közvetlen Zn-kicsapódás következménye, hanem növényfiziológiai alapú.

A növényben végbemenő folyamatok megítélése azonban eltérő. Egyesek a talaj nagy CaCO<sub>3</sub>-tartalmát teszik felelőssé a mérsékelt Zn-felvételért és növénybeni szállítódásért, mások a Zn-hiányos szövetekben kialakult nagy Fe-tartalomban látják az élettani zavarok okát. A harmadik vélemény szerint a Zn-hiány következtében egy, a hajtásban jelenlévő, a gyökerek P-felvételét és a P-transzportot szabályozó visszacsatolási mechanizmus károsodik, melynek eredményeképpen toxikus mértékben halmozódik fel a foszfor a levelekben a gyökér felé irányuló visszaszállítódás lecsökkenése, esetleg elmaradása miatt. A vizsgálatok egységesen következtettek azonban arra, hogy a P/Zn arány eltolódásának és a gyökér, valamint a levelek erősen eltérő P- és Zn-tartalmának az oka, hogy a Zn-hiány által kiváltott rendellenesség következtében a gyökérből a levelek irányába zajló Zn-szállítódás lecsökken, a P-szállítódás pedig megnő.

Magyarországon elsőként a gyümölcsstermesztők körében vált ismertté a Zn-hiány fogalma. A P-trágyázás és meszezés Zn-felvételre gyakorolt hatásairól azonban a kertészek is csak a 1970-es évek elején tesznek említést, csakúgy, mint a szántóföldi kultúrákkal foglalkozó kutatók. A vizsgálatok sok tekintetben hasonló eredményre vezettek mint külföldi kollegáiké, de pl. a P-műtrágyázásra bekövetkezett Fe-tartalom változásában a megállapítások eltérőek.

Látható tehát, hogy a P–Zn kölcsönhatás kérdése nem tisztázott, számos egymásnak ellentmondó közlés található a nemzetközi irodalomban. Míg az 50–60-as években rendszeresen jelentek meg cikkek a témából, az utóbbi 10–15 évben már csak néhány szerző foglalkozott vele keveset publikálva. További elemzésre szorul, hogy az említett hazai kísérletekben milyen gyakorisággal erősödhet a PxZn

kölcsönhatás, milyen az időjárási tényezők befolyásoló szerepe és hogyan hatnak mindezek a hozamokra.

## 2. Tenyészedény kísérlet kukoricával homoktalajon

Az utóbbi évtizedek kutatásai nyomán tisztázódott számos mikroelem szerepe és fontossága a növények fejlődésében. Kevés hazai tapasztalattal rendelkezünk azonban arra vonatkozóan, hogy a földművelésünk tápanyag-gazdálkodásának alapjául szolgáló N-, P- és K-műtrágyázás milyen mértékben módosíthatja egyéb fontos mikrotápelemek felvételét a talajból. Az irodalomból ismeretes, hogy a foszfor-cink antagonizmus elsősorban a Zn-igényes kukorica esetében, a nitrogén és réz közötti kölcsönhatások a Cu-igényes kalászosoknál, a kálium és bór közötti esetleges antagonizmus jelensége a B-igényes takarmánynövényeiknél és a napraforgónál járhat együtt a fő makrotápelemek hatékonyságának csökkenésével, esetleges termésdepresszióval.

Ma már egyre több adat utal arra, hogy a jelenkori intenzív műtrágyázás komolyan veszélyeztetheti is a talaj termékenységét. Így pl. a gyengén puffertalajon az elsavanyodás következtében egyes mikroelemek mennyisége (Fe, Mn, stb.) olyan mértékben megnőhet, hogy nagyüzemi viszonyok között végzett vizsgálataink szerint ez a kukoricánövény pusztulásához is vezethet (*Elek és Kádár 1975*). Meszes talajokon, ahol a könnyen oldható mikroelemek nagy része egyébként is nehezebben felvehető, mikroelem hiányokat indukálhat, és terméscsökkenést okozhat (*Kádár és Elek 1977*). Ugyanakkor az esszenciális mikroelemek egy része is talajszennyezővé válhat, időszerű tehát talajaink terhelhetőségének vizsgálata, a túladagolás, a termésgörbék lehajló ágának elemzése.

Tekintettel arra, hogy:

- foszformérlegünk a 70-es évek közepétől országosan is erősen pozitívvá vált (*Kádár 1979, Sarkadi 1979*),

- az átlagosnál több műtrágyát felhasználó élenjáró nagyüzemeinkben egyes táblák P-ellátottsága esetenként már nem kívánatos ütemben emelkedik (*Kádár et al. 1981*),

- mezőgazdaságilag művelt területünk jelentős hányadán még ma is többé-kevésbé meszes talajokat találunk alacsony felvehető Zn-tartalommal (eddiggi megfigyelések szerint laza szerkezetű, savanyú erdőtalajaink Zn-készlete, illetve Zn-ellátottsága is meglehetősen mérsékelt),

- kukorica az egyik legnagyobb vetésterülettel rendelkező Zn-igényes növényünk, fontosnak tartottuk a P és a Zn közötti kölcsönhatások kísérletes vizsgálatát megkezdni meszes csernozjom és homoktalajokkal. Jelen közleményünkben az Intézetünk Órbottyán melletti kísérleti telepének szántott rétegéből származó, meszes homoktalajjal beállított tenyészedény-kísérletek néhány eredményét ismertetjük. A talaj- és növényvizsgálatok adatai egységesen elemben kifejezve közöljük.

### Anyag és módszer

Tenyészedény-kísérletünket 1981-ben állítottuk be split-plot elrendezésben, MV-Sc 580 fajtájú kukoricával. A kukoricát 4-6 leveles korig, kb. 25-35 cm magasságig

neveltük, majd meghatároztuk a növényminták súlyát és ásványi tápelemtartalmát 10 elemre. Edényenként 1,8 kg talajban 5-5 növényt hagytunk meg. A növénykísérletet megismételtük. A műtrágyák talajba keverését követően a vetés előtt, valamint az első és a második növedék betakarítása után átlagmintákat vettünk az edények talajaiból. A talajmintákban meghatároztuk az AL-oldható P- és Zn-, valamint az ammónium-acetát+EDTA oldható Fe-, Mn-, Zn-, Cu-tartalmakat (Lakanen és Erviö, 1971).

A talajvizsgálati eredmények (MÉK NAK) szerint a kiindulási talajban a  $\text{pH}_{\text{KCl}}$ : 7,1;  $\text{Mg}_{\text{KCl}}$ : 70-80 ppm;  $\text{Mn}_{\text{EDTA}}$ : 80 ppm;  $\text{Zn}_{\text{EDTA}}$ : 2-2,9 ppm;  $\text{Cu}_{\text{EDTA}}$ : 2-2,6 ppm; humusz: 0,7 %;  $\text{CaCO}_3$ : 8,8 %; agyagfrakció 10-15 %; AL-P: 38 ppm; AL-K: 50 ppm. A hazai szaktanácsadásban elfogadott vizsgálati módszerek és előzetes határértékek alapján a kísérleti talaj tehát gyengén humuszos, közepesen meszes, jó Mg- és Mn-, kielégítő Zn- és Cu-, valamint gyenge P- és K-ellátottságú.

Kísérletünkben 4 ismétlésben főparcellánként 4 P-ellátottsági szintet alakítottunk ki (gyenge, közepes, jó és igen jó) 0, 100, 200 és 300 mg P/kg talajkezelésekkel. Minden P-ellátottsági szinten 0, 10, 20, 30 mg Zn/kg talaj adagokkal Zn-trágyázást végeztünk. A kezelések száma tehát 16, az összes edények száma 64 volt. Az egész kísérletben egységesen alaptrágyaként 300 mg N-t és 500 mg K-ot adtunk 1 kg talajra. A P-, Zn- és K-trágyákat, valamint a N felét a kísérlet beállításakor kevertük a talajba, míg a N másik felét a kelést követő 2. hét után fejtrágyaként juttattuk ki. A tápanyagokat  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)\cdot\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$  és  $\text{ZnSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$  formájában alkalmaztuk. Az első vetés májusban történt, a tenyészidő a betakarításkori 4-6 leveles stádiumig 47 napot tett ki. A második növedék (nyári vetés, utóhatás-kísérlet) ugyanezen fejlődési stádiumot 37 nap alatt érte el. A második termésben a hajtáson túlmenően a gyökerek súlyát és tápelemtartalmát is megbecsültük.

#### A kísérleti eredmények megvitatása

A műtrágyázás hatását a talaj könnyen oldható P- és Zn-tartalmára az 1. táblázatban tanulmányozhatjuk. Az adatokból megállapítható, hogy a talajba juttatott P és Zn mennyiségének átlagosan mintegy 60-70 %-a mutatható ki AL oldható formában. Az EDTA oldható Zn mennyisége, különösen a Zn-trágyázásban nem részesült talajon kis mértékben meghaladja az AL-Zn értékeket. A vetés előtti tápanyagtartalom minden esetben felülmúlja a későbbi mintavétel értékeit, úgy tűnik tehát, hogy a műtrágyák talajbani átalakulása (kémiai megkötődése) gyorsabban végbemehet a tenyészedeny-kísérlet kedvezőbb hő- és nedvességviszonyai között, mint szabadföldön. Az első és a második növedék betakarítását követő talajmintavétel adatai már közelállóak.

A 2. táblázatban közölt növényi szárazanyaghozamok adataiból látható, hogy a 4-6 leveles kukorica termését a P-trágyázás növelte: az első növedék hozamait közel megháromszorozta, míg a második növedék gyökerének mennyiségét több mint 4-5-szörösére, a föld feletti rész hozamát csaknem 6-szorosára emelte. A Zn-trágyázás lényegében hatástalan maradt, sőt tendencia jelleggel bizonyos terméscsökkenésre következtethetünk a növekvő Zn-adagok hatására a P-szegény talajokon. Meg kell jegyeznünk, hogy a második növedék állománya igen erősen gombafertőzötté vált, a tartós 30 °C fölötti hőmérséklettől a növények szemmel láthatóan szenvedtek, a fejlődés gátolt volt. Mindez annak ellenére bekövetkezett, hogy az igen meleg és



napsütéses napokon az edényeket a reggeli és – szükség szerint – az esti órákban is öntöztük, valamint a déli órák tűző napsugaraival ellen védekezve rendszeresen árnyékos helyre, tető alá helyeztük.

**1. táblázat:** Műtrágyázás hatása a talaj könnyen oldható P- és Zn-tartalmára

Kezelések	Mintavétel ideje						Átlag
	vetés előtt		I. termés után		II. termés után		
	mg/kg	%	mg/kg	%	mg/kg	%	mg/kg
AL-P (Zn-kezelések átlagában)							
P <sub>0</sub>	38	100	37	100	39	100	38
P <sub>100</sub>	109	287	92	249	98	251	100
P <sub>200</sub>	181	476	151	408	153	392	162
P <sub>300</sub>	247	650	224	605	226	579	232
SzD <sub>5%</sub>	11	29	6	16	8	20	8
AL-Zn (P-kezelések átlagában)							
Zn <sub>0</sub>	1,6	100	0,5	100	0,6	100	0,9
Zn <sub>10</sub>	10,1	631	6,1	1220	6,1	1016	7,4
Zn <sub>20</sub>	18,1	1131	11,7	2340	11,5	1917	13,8
Zn <sub>30</sub>	25,7	1606	17,5	3500	16,6	2767	19,9
SzD <sub>5%</sub>	1,2	75	0,5	100	0,3	50	0,7
EDTA-Zn (P-kezelések átlagában)							
Zn <sub>0</sub>	2,7	100	2,1	100	2,1	100	2,3
Zn <sub>10</sub>	10,8	400	8,7	414	8,6	410	9,4
Zn <sub>20</sub>	18,2	674	15,5	738	15,7	748	16,5
Zn <sub>30</sub>	23,2	859	20,7	986	20,5	976	21,5
SzD <sub>5%</sub>	0,6	22	0,2	10	0,3	14	0,4

A növényállomány mérgezési tüneteket mutatott, véleményünk szerint ez utóbbi volt az az alapvető ok, ami a fejlődés gátlásához, elszáradáshoz és a növények részleges kipusztulásához, lecsökkent betegség-ellenállósághoz vezetett. Alaposan feltételezhető, hogy e mérgezés a N-forgalom zavaraira vezethető vissza. A 300 mg N/kg talaj adagoknak ugyanis csak egy kis részét vették fel a növények az első növedéssel. A P-szegény edényekben pl. mindössze 1/5-e hasznosult. A P- és Zn-trágyázás kölcsönhatásait az I. termés példáján tehát „normális” növényállomány, míg a második termésben (utóhatás növedéke) a beteg, mérgezett és másodlagosan erősen gombával fertőzött növényállomány viszonyai között tanulmányozhatjuk. Ebből adódóan a hatásmechanizmusok feltárásához, az adatok értelmezéséhez eltérő szemlélet és megközelítés szükséges. A továbbiakban jelen munkánkban az egészséges első növedék föld feletti részének elemzését végezzük el.

**2. táblázat:** Műtrágyázás hatása a 4-6 leveles kukorica szárazanyaghozamára, g/edény

Kezelés	P <sub>0</sub>	P <sub>100</sub>	P <sub>200</sub>	P <sub>300</sub>	SzD <sub>5%</sub>	Átlag
<b>Első növedék</b>						
Zn <sub>0</sub>	4,4	9,1	9,6	11,9	1,4	8,7
Zn <sub>10</sub>	4,3	8,6	11,5	10,2		8,6
Zn <sub>20</sub>	3,8	8,3	11,6	10,9		8,7
Zn <sub>30</sub>	3,8	8,4	10,1	11,4		8,3
SzD <sub>5%</sub>		1,4				0,7
Átlag	4,0	8,6	10,7	11,1	0,7	8,6
%	100	217	270	280	17	
<b>Második növedék</b>						
Zn <sub>0</sub>	0,6	1,3	1,3	2,6	1,1	1,5
Zn <sub>10</sub>	0,5	1,0	2,2	3,3		1,8
Zn <sub>20</sub>	0,6	1,1	2,3	2,4		1,6
Zn <sub>30</sub>	0,4	1,1	2,6	3,1		1,8
SzD <sub>5%</sub>		1,1				0,6
Átlag	0,5	1,1	2,1	2,9	0,6	1,7
%	100	220	420	580	120	
<b>Második növedék gyökere</b>						
Zn <sub>0</sub>	0,6	1,1	0,8	1,7	0,7	1,1
Zn <sub>10</sub>	0,4	1,1	1,2	2,2		1,2
Zn <sub>20</sub>	0,5	0,6	1,5	1,6		1,1
Zn <sub>30</sub>	0,2	0,7	1,5	1,5		1,0
SzD <sub>5%</sub>		0,7				0,4
Átlag	0,4	0,9	1,3	1,8	0,4	1,1
%	100	225	325	450	100	

A 3. táblázatban a 4-6 leveles kukorica mikroelem-tartalmának alakulását szemléltetjük. Az adatokból látható, hogy a P-ellátás javulásával csökkent a K- és Ca-, nem változott a Mg-, mérsékelten nőtt a N- és erősen a P-tartalom. A Zn-trágyázás a makro elemek felvételét lényegesen nem befolyásolta, bár a N és a P koncentrációjának növekedése a Zn hatására bizonyítható.

**3. táblázat:** Műtrágyázás hatása a 4-6 leveles kukorica földfeletti részének makroelem-tartalmára (MV-Sc 580 fajta, első növedék)

Zn-szintek	P <sub>0</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	SzD <sub>5%</sub> *	Átlag
N %						
Zn <sub>0</sub>	2,84	2,97	3,16	3,15	0,30	3,03
Zn <sub>10</sub>	2,82	2,76	3,14	3,27		3,00
Zn <sub>20</sub>	2,99	3,01	3,24	3,25		3,12
Zn <sub>30</sub>	3,07	3,14	3,34	3,29		3,21
Átlag	2,93	2,98	3,22	3,25	0,15	3,10
K %						
Zn <sub>0</sub>	5,11	4,47	4,21	4,05	0,57	4,46
Zn <sub>10</sub>	5,07	3,76	3,95	4,01		4,20
Zn <sub>20</sub>	5,22	4,42	4,16	3,93		4,43
Zn <sub>30</sub>	5,22	4,12	3,99	3,97		4,33
Átlag	5,15	4,20	4,08	3,99	0,29	4,36
P %						
Zn <sub>0</sub>	0,10	0,18	0,24	0,31	0,04	0,20
Zn <sub>10</sub>	0,10	0,12	0,25	0,34		0,20
Zn <sub>20</sub>	0,11	0,19	0,28	0,34		0,23
Zn <sub>30</sub>	0,11	0,19	0,29	0,34		0,23
Átlag	0,11	0,17	0,26	0,33	0,02	0,22
Ca %						
Zn <sub>0</sub>	1,53	1,46	1,39	1,22	0,25	1,40
Zn <sub>10</sub>	1,39	1,37	1,18	1,16		1,27
Zn <sub>20</sub>	1,59	1,31	1,18	1,20		1,32
Zn <sub>30</sub>	203	1,54	1,24	1,20		1,50
Átlag	1,63	1,42	1,24	1,20	0,13	1,37
Mg %						
Zn <sub>0</sub>	0,23	0,23	0,24	0,26	0,08	0,24
Zn <sub>10</sub>	0,24	0,20	0,24	0,28		0,24
Zn <sub>20</sub>	0,25	0,23	0,25	0,24		0,24
Zn <sub>30</sub>	0,27	0,23	0,23	0,23		0,24
Átlag	0,25	0,22	0,24	0,25	0,04	0,24

\*Az SzD<sub>5%</sub> értékei a sorokra és oszlopokra azonosak

**4. táblázat:** Műtrágyázás hatása a 4-6 leveles kukorica földfeletti részének Na- és mikroelem-tartalmára

Zn-szintek	P <sub>0</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	SzD <sub>5%</sub> *	Átlag
Na %						
Zn <sub>0</sub>	0,21	0,19	0,19	0,18	0,03	0,19
Zn <sub>10</sub>	0,20	0,16	0,16	0,16		0,17
Zn <sub>20</sub>	0,23	0,19	0,17	0,17		0,19
Zn <sub>30</sub>	0,28	0,22	0,18	0,18		0,21
Átlag	0,23	0,19	0,18	0,17	0,02	0,19
Fe, mg/kg						
Zn <sub>0</sub>	249	265	195	178	123	222
Zn <sub>10</sub>	204	183	326	249		240
Zn <sub>20</sub>	278	280	179	283		255
Zn <sub>30</sub>	358	260	202	301		280
Átlag	272	247	225	253	61	249
Mn, mg/kg						
Zn <sub>0</sub>	61	57	48	54	7	55
Zn <sub>10</sub>	67	46	51	53		54
Zn <sub>20</sub>	65	57	53	56		58
Zn <sub>30</sub>	73	50	53	60		59
Átlag	67	52	51	56	4	56
Zn, mg/kg						
Zn <sub>0</sub>	50	34	34	33	14	38
Zn <sub>10</sub>	87	87	66	58		75
Zn <sub>20</sub>	110	94	78	76		90
Zn <sub>30</sub>	121	101	93	89		101
Átlag	92	79	68	64	7	76
Cu, mg/kg						
Zn <sub>0</sub>	5,3	3,8	4,8	5,3	1,3	4,8
Zn <sub>10</sub>	5,4	5,7	5,1	5,9		5,5
Zn <sub>20</sub>	5,5	4,6	5,0	6,5		5,4
Zn <sub>30</sub>	6,0	5,0	5,0	6,0		5,5
Átlag	5,6	4,7	5,0	5,9	0,7	5,3

\*Az SzD<sub>5%</sub> értékei a sorokra és oszlopokra azonosak

A Na-, valamint a mikroelemek közül a Fe-, Mn- és a legkifejezettebben a Zn-tartalom csökkenése a magasabb P-szinteken igazolható. A Zn-ellátás hatása a mikroelemek felvételére kifejezettebb volt, mint a makro tápanyagokéra. Statisztikailag igazolhatóan nőtt a Fe-, Mn, Cu koncentrációja a növényben a Zn-trágyázás hatására. A P x Zn kölcsönhatás eredményeképpen a Zn-tartalom közel 3-szoros változást szenvedett. A P-kontroll talajon termett növények Zn-tartalma Zn-trágyázás nélkül 51 %-kal, míg a legnagyobb adagú Zn-kezelés esetén 36 %-kal haladta meg a P-ral igen jól ellátottakét. A túlzott P-ellátás tehát gátolja a Zn felvételét, Zn-trágyázással azonban a P-ral igen jól ellátott talajon is biztosítható a növények Zn-táplálása (4. táblázat).

### Összefoglalás

A kísérleti adatok alapján megállapítható, hogy a talajba juttatott P és Zn mennyiségének mintegy 60-70 %-a mutatható ki AL-oldható formában. Az EDTA oldható és az AL-módszerrel meghatározott Zn-tartalom lényegesen nem tért el egymástól.

A 4-6 leveles kukorica szárazanyaghozamát csak a P-trágyázás növelte, a Zn-trágyázás hatástalan maradt. A P-ellátás javulásával csökkent a kukorica K-, Ca-, Na-, Fe-, Mn és kifejezettebben a Zn-tartalma; nem változott a Mg koncentrációja, míg a N- és P-tartalom emelkedett. A Zn-trágyázás lényegében ezzel ellentétes hatást gyakorolt a legtöbb vizsgált elem felvételére.

A talajok Zn-ellátottsága és a növény tápláltsági állapota ZnSO<sub>4</sub>-trágyázással tartósan megjavítható, a növények Zn-tartalma mintegy megháromszorozódott a nagyobb Zn-adagok hatására. A MÉM NAK, illetve a hazai szaktanácsadás által javasolt 3-10 kg Zn/ha adagok, egyszeri alkalmazás esetén, mérsékeltnek tűnnek. A Zn-trágyaadagok megállapításánál indokolt a talaj P-ellátottságának figyelembe vétele. További vizsgálatok szükségesek ahhoz, hogy a Zn-trágyázás szükségességét szabadföldi viszonyok között is igazoljuk és adagját pontosítsuk.

### 3. Tenyészedény kísérlet kukoricával csernozjom talajon

#### Bevezetés

Az irodalomban ismert, hogy a P-ellátottság a Zn felvételét befolyásolhatja. A P-Zn antagonizmus jelensége elsősorban a Zn-igényes kukorica termesztése során járhat együtt a P-trágyák hatékonyságának csökkenésével. Korábban e talajon végzett szabadföldi műtrágyázási tartamkísérletben azt tapasztaltuk, hogy a talaj P-ellátottságának növelésével a kukorica (*Zea mays L.*) Zn-tartalma az irodalomban megadott optimális koncentráció alá süllyedt és jelentős szemterméscsökkenés is bekövetkezett e parcellákon (Kádár – Elek 1977).

Hazai viszonyaink között kevés tapasztalattal rendelkezünk arra vonatkozólag, hogy a talajok javuló P-ellátottsága által indukált Zn hiányt milyen mérvű Zn-trágyázással ellensúlyozhatjuk. A P- és Zn-trágyázás közötti kölcsönhatásokat egységes kísérleti metodikával tenyészedény-kísérletekben is tanulmányozzuk, meszes talajokon, ahol a mikroelemek felvehetősége többé-kevésbé korlátozott. A

meszes Duna-Tisza közti homoktalajjal végzett tenyészedény-kísérletünk főbb eredményeit a közelmúltban foglaltuk össze (*Shalaby-Kádár 1983*).

Az említett vizsgálatok különösen időszerűvé váltak, amennyiben Magyarország földművelésének P-mérlege a 70-es évek közepétől erősen pozitív (*Kádár 1979, Sarkadi 1979* stb.). Az élenjáró nagyüzemeinkben a táblák P-ellátottsága esetenként már a nem kívánatos mértékben emelkedik, a túltrágyázás is gyakori (*Kádár et al. 1981*). Szántóterületeink mintegy 40-50 %-án meszes talajok fordulnak elő alacsony felvehető Zn-tartalommal (*Elek-Patócs 1984*). Ehhez járul még, hogy a kukorica az ország szántóterületének 25-30 %-át elfoglaló, egyik legnagyobb vetésterülettel rendelkező Zn-igényes kultúránk.

#### Anyag és módszer

Tenyészedény-kísérletünket 1981 tavaszán állítottuk be split-plot elrendezésben, Mv-SC 580 hibrid kukoricával (*Zea mays L.*). A növényeket 4-6 leveles korig kb. 25-30 cm magasságig neveltük, majd edényeként meghatároztuk a növények hajtásának és gyökerének súlyát és azok ásványi tápelemtartalmát 10 fontosabb elemre. Edényenként 1,8 kg talajban 5-5 növényt hagytunk meg. A növénykísérletet megismételtük. A műtrágyák talajba keverését követően vetés előtt, valamint az első és a második vetés betakarítása után átlagmintákat vettünk az edények talajaiból. A talajmintákból meghatároztuk a könnyen oldható P- és Zn-tartalmakat AL-módszerrel (*Egner et al. 1960*), valamint a mikroelem-tartalmakat *Lakanen – Erviö (1971)* szerint ammónium acetát és EDTA oldószerrel.

A vizsgált mészlepedékes vályogos csernozjom talaj az alábbi talajvizsgálati paraméterekkel jellemezhető: leiszapolható rész 40 %; pH(H<sub>2</sub>O) 7,7; pH(KCl) 7,3; Humusz 3,4 %; CaCO<sub>3</sub> 7 %; P(AL) 47 mg/kg; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (AL) 107; K(AL) 120 mg/kg; K<sub>2</sub>O (AL) 144 mg/kg; Mg(KCl) 120 mg/kg; Fe(EDTA) 50 mg/kg; Mn(EDTA) 150 mg/kg; Zn(EDTA) 2,3 mg/kg; Cu(EDTA) 3,6 mg/kg. A talajvizsgálatok alapján a talaj igen jó Mn, kielégítő Mg és Fe, közepes N, K és Cu, valamint gyenge P- és Zn-ellátottságúnak tekinthető.

Kísérletünkben 4 P, valamint 4 Zn-ellátottsági (gyenge, közepes, jó és igen jó) szinteket és azok kombinációit alakítottuk ki, 4x4 = 16 kezeléssel, 4 ismétlésben, azaz összesen 64 edénnyel. Az adagolt tápelemek mennyiségeit és formáit az *1. táblázat* tartalmazza. Az első vetés májusban történt, a tenyészidő – a betakarításig – 47 napot tett k i. A második növedék (nyári vetésű utóhatás kísérlet) ugyanezen fejlődési stádiumot 37 nap alatt érte el. A második termésben a hajtáson túlmenően a gyökök súlyát és tápelem tartalmát is meghatároztuk. A P, és K, valamint a Zn teljes mennyiségét vetés előtt kevertük a talajba, míg a N felét vetés előtt, a másik felét a kelés után 2 héttel adagoltuk.

**1. táblázat:** A kísérletben alkalmazott tápelemek formái és mennyiségei, kg/ha

Elem/adag	0	1	2	3	Műtrágyaforma
P	0	100	200	300	Ca/H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> /2·H <sub>2</sub> O
Zn	0	10	20	30	ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O
N	300	300	300	300	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>
K	500	500	500	500	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>

#### Eredmények és következtetések

A Zn-trágyázás a kukorica szárazanyaghozamát ebben a fejlődési korban nem befolyásolta, ezért adatainkat a Zn-kezelések átlagában, azaz 16 ismétlés átlagában közöljük a 2. táblázatban. A P-ellátás javulásával mind a földfeletti hajtás, mind a második növedék gyökerének hozama közel megháromszorozódott. A hajtás és a gyökér súlyaránya lényegében változatlan maradt. A nyári vetésű második növedék gombával erősen fertőződött és átlagos hozama mintegy fele volt az első növedéknek.

**2. táblázat:** A P-műtrágyázás hatása a 4-6 leveles kukorica szárazanyag hozamára

M.egység	P <sub>0</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	SzD <sub>5%</sub>	Átlag
<b>I. növedék (hajtás)</b>						
g/edény	4,4	11,8	15,1	16,2	0,8	11,8
%	100	268	343	368	18	268
<b>II. növedék (hajtás)</b>						
g/edény	2,4	3,4	5,9	7,1	0,4	4,7
%	100	142	246	296	17	196
<b>II. növedék (gyökér)</b>						
g/edény	1,2	2,0	2,2	3,5	0,4	2,4
%	100	167	183	292	33	200

A talajvizsgálatok eredményeit a 3. táblázatban mutatjuk be. Az adatok szerint a talajba juttatott P és Zn mennyiségének mintegy 60-70 %-a mutatható ki a tenyésztő végén könnyen oldható formában. Az EDTA-oldható Zn mennyisége kismértékben meghaladja az AL-oldható Zn-értékeket, különösen a Zn-trágyázásban nem részesült talajokon. A könnyen oldható P-tartalom mintegy 25-, a Zn-tartalom 10-158 %-kal csökkent a tenyésztő folyamán. Ez a csökkenés elsősorban a tápelemek talajbani megkötődésére vezethető vissza, amennyiben a növényi P és Zn felvétele a talajba adott P- és Zn-mennyiségéhez viszonyítva mindössze néhány %-ot tett ki.

3. táblázat: A P és Zn műtrágyázás hatása a talaj oldható P és Zn tartalmára

Kezelés	Mintavétel ideje					
	Vetés előtt		Termés után		Termés után	
	mg/kg	%	mg/kg	%	mg/kg	%
AL-P* (Zn kezelések átlagai)						
P <sub>0</sub>	47	100	44	100	46	100
P <sub>1</sub>	142	302	102	232	102	222
P <sub>2</sub>	227	483	157	357	159	346
P <sub>3</sub>	289	615	234	532	232	504
SzD <sub>5%</sub>	15		5		7	
AL-Zn (P kezelések átlagai)						
Zn <sub>0</sub>	0,6	100	0,5	100	06	100
Zn <sub>1</sub>	6,8	1133	6,1	1220	61	1017
Zn <sub>2</sub>	14,2	2367	11,8	2360	115	1917
Zn <sub>3</sub>	20,2	3367	17,6	3520	167	2783
SzD <sub>5%</sub>	1,2		0,5		0,3	
EDTA-Zn (P kezelések átlagai)						
Zn <sub>0</sub>	2,4	100	2,5	100	2,5	100
Zn <sub>1</sub>	12,0	500	10,0	400	9,6	384
Zn <sub>2</sub>	19,4	808	17,4	696	16,8	672
Zn <sub>3</sub>	25,2	1050	22,4	896	21,7	868
SzD <sub>5%</sub>	1,1		0,4		0,4	

\*1 mg P = 2,29 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

Tekintettel arra, hogy a tápelemtartalom változásait a növényben elsősorban szintén a P-ellátás befolyásolta, eredményeinket a Zn-kezelések átlagaiban közöljük a 4. táblázatban. A két növedék hajtásának átlagos tápelemtartalma közelálló. A második növedék kedvezőtlenebb növekedési feltételei (hőség, gombafertőzés fellépése) a magasabb Ca, valamint alacsonyabb Fe koncentrációban tükröződnek.

A P-ellátás javulásával mindkét növedék hajtásában csökkent a K, Ca, Na és Zn, valamint nőtt a P-tartalom. A Mg koncentrációja nem jelentősen, de eltérő irányban változott az egyes növedékek hajtásában. A második növedék gyökerében elsősorban a P és Zn tartalmának változása kísérhető nyomon. A hajtáshoz viszonyítva a gyökér kitűnik magas, 15-20-szoros Fe – valamint 1,5-2,0-szeres Mn tartalmával.



**4. táblázat: A P-műtrágyázás hatása a 4-6 leveles kukorica tápelemtartalmára**

Kezelés	P <sub>0</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	SzD <sub>5%</sub>	Átlag
<b>I. növedék (hajtás)</b>						
K%	5,20	4,85	4,34	4,21	0,20	4,65
N%	2,51	2,70	2,67	2,70	0,10	2,64
Ca%	1,42	1,05	0,86	0,84	0,05	1,04
Mg%	0,26	0,24	0,27	0,30	0,02	0,27
Na%	0,19	0,14	0,14	0,14	0,02	0,16
P%	0,11	0,15	0,20	0,24	0,02	0,18
Fe ppm	260	288	264	245	62	264
Mn ppm	100	97	102	103	5	101
Zn ppm	67	60	56	50	8	58
Cu ppm	5	4	4	5	1	5
<b>II. növedék (hajtás)</b>						
K%	5,37	5,32	5,04	4,93	0,24	5,17
N%	2,76	2,77	2,77	2,80	0,11	2,78
Ca%	2,04	1,46	1,15	1,04	0,10	1,42
Mg%	0,29	0,27	0,26	0,23	0,03	0,26
Na%	0,30	0,22	0,18	0,16	0,02	0,22
P%	0,14	0,16	0,17	0,20	0,02	0,17
Fe ppm	133	162	144	124	18	141
Mn ppm	108	106	96	109	7	105
Zn ppm	63	57	54	51	3	56
Cu ppm	4	4	4	3	1	4
<b>II. növedék (gyökér)</b>						
K%	1,82	1,64	1,82	2,00	0,18	1,82
N%	1,78	1,76	1,76	1,74	0,10	1,76
Ca%	1,60	1,60	1,61	1,44	0,12	1,56
Mg%	0,28	0,28	0,25	0,23	0,05	0,26
Na%	0,30	0,31	0,32	0,30	0,02	0,31
P%	0,11	0,13	0,16	0,17	0,01	0,14
Fe%	0,38	0,34	0,30	0,37	0,07	0,35
Mn ppm	162	200	187	187	37	184
Zn ppm	51	44	43	42	5	45
Cu ppm	9	9	9	10	2	9

A P- és a Zn-trágyázás közötti negatív kölcsönhatások tendencia jelleggel megnyilvánultak a %-os növényi P-tartalom változásán. Különösen pregnánsan és igazolhatóan azonban ezek az antagonizmusok a Zn koncentrációkban jelentkeztek, mindkét növedék hajtásában és gyökerében egyaránt (5. táblázat). A növények Zn-

tartalma 3-4-szeresére változott a P- és Zn-ellátottságtól függően. A P-ellátottság növelésével a Zn-tartalma 20-40 %-kal lecsökkent a növényben. Megfelelő Zn-adagolással ez a csökkenés ellensúlyozható, 10 ppm Zn-adagolása átlagosan a talajon 10-20 ppm Zn-tartalom növekedést eredményezett a növényben.

5. táblázat: Műtrágyázás hatása a 4-6 leveles kukorica Zn tartalmára

Kezelés	P <sub>0</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	SzD <sub>5%</sub>	Átlag % -ban
<b>I. növedék (hajtás)</b>						
Zn <sub>0</sub>	42	29	24	22		100
Zn <sub>1</sub>	60	55	58	47	17	190
Zn <sub>2</sub>	75	73	63	63		234
Zn <sub>3</sub>	93	81	78	68		276
Átlag	67	60	56	50	8	200
<b>II. növedék (hajtás)</b>						
Zn <sub>0</sub>	36	27	25	33		100
Zn <sub>1</sub>	59	56	51	43	6	173
Zn <sub>2</sub>	74	67	65	56		217
Zn <sub>3</sub>	83	79	76	72		260
Átlag	63	57	54	51	3	187
<b>III. növedék (gyökér)</b>						
Zn <sub>0</sub>	33	27	25	26		100
Zn <sub>1</sub>	41	42	39	38	10	143
Zn <sub>2</sub>	59	46	48	49		179
Zn <sub>3</sub>	72	60	59	56		221
Átlag	51	44	43	42	5	161

Átlag: Zn<sub>0</sub> = 100 %

#### Összefoglalás

A vizsgált P és Zn-elemekkel gyengén ellátott meszes csernozjom talajon a ZnSO<sub>4</sub> formában adott Zn 60-70 %-a könnyen oldható formában kimutatható volt a talajban és felvehető maradt a növények számára. A P indukálta Zn-tartalom csökkenése megfelelő Zn-trágyázással ellensúlyozható. E talajon a Zn-trágyázás mértékét a talaj P-ellátottsága függvényében indokolt megállapítani és mintegy 100 kg/ha P adagoláskor 10 kg/ha Zn-adag javasolható. További vizsgálatok szükségesek ahhoz, hogy a Zn-trágyázás adagját szabadföldi viszonyok között is pontosítsuk.

#### 4. Szabadföldi tartamkísérlet csernozjom talajon, Mezőföldön

##### 4.1. A nagyhorcsöki kísérleti telep ismertetése

A kísérleti telep az Alföld nagytájának Dunántúlra eső Mezőföld tájában helyezkedik el, mégpedig a Nyugat-Mezőföld "Bozót-Sárvíz közti löszhát" geomorfológiai tájrészében, mintegy 140 m tengerszint feletti magasságban. Talajképző kőzete az elég tekintélyes vastagságú lösz, amely helyenként a 15-20 m vastagságot is eléri. Hidrológiai, éghajlati és növényföldrajzi viszonyait tekintve megállapíthatjuk, hogy a kevésbé felhős időjárása, több napsütése, nagyobb hőmérsékleti ingadozása, viszonylagos csapadékszegénysége, nyári időben aszályosságra való hajlamossága a Nagyalföld tájaihoz teszi hasonlóvá. A vízmérleg negative, -100 mm éves hiányt mutat sok év átlagában. Növényföldrajzi vonatkozásban is az Alföldhöz tartozik, mégpedig a Pannonicum terület Eupannonicum flórávidék Duna-Tisza közti flórajárásába. *Szűcs (1965)*, aki részletes talajföldrajzi kutatásokat végzett a kísérleti területen, a dunavölgyi mészsínepedékes csernozjomok közepes humusztartalmú, 50-75 cm változatához sorolja-e talajokat.

A kicserélhető kationok közül az egész talajszeletben a  $\text{Ca}^{++}$  az uralkodó. A vizes kivonat elemzési adatai szerint a vízben oldható sók mennyisége kicsi, 1 mg/100 g, és növénytermesztési szempontból jelentéktelennek tekinthető. Minőségi összetételét tekintve a  $\text{Ca}^{++}$  és  $\text{HCO}_3^-$  mellett a  $\text{Mg}^{++}$  és a  $\text{SO}_4^{--}$  említésre méltó. Tekintettel a talajképző lösz vastagságára a talajvíz tükre mélyen helyezkedik el és a talajképződésben különösebb szerepet nem játszik. A kísérleti telep talajának általános jellemzésére az 1. táblázatban mutatunk be néhány adatot egy kiragadott szelet alapján.

1. táblázat: A Nagyhorcsöki Kísérleti Telep egyik talajszeletének jellemzése *Szűcs (1965)* nyomán

Mintavétel mélysége, cm	pH		$\text{CaCO}_3$ %	$\text{K}_A$	hy	Humusz %
	$\text{H}_2\text{O}$	KCl				
0 - 25	8,0	7,8	6,3	38	2,3	3,4
25 - 40	8,4	8,2	15,5	45	2,3	2,8
40 - 60	8,4	8,2	21,4	43	1,9	2,0
60 - 90	8,6	8,4	33,2	39	1,5	1,2
90 - 130	8,6	8,4	32,7	37	1,2	0,5

A szóban forgó talajok szerkezeti állapotát tekintve a nagyfokú felszíni tömörödéssel, illetve cserepedési hajlamra kell felhívni a figyelmet. A tömörödés olyan mértékű, hogy nagyobb eső alkalmával a csapadék egy része elfolyik és barázdás eróziót is okozhat, jóllehet a felszín lejtése alig észrevehető. Ezek a magas mésztartalmú, tömörödéssel amúgy is hajlamos talajokon a művelt réteg talajának szerkezete az érintetlen, szántás alatti humuszos szinthez képest leromlott. Ez a leromlás a morzsák vízállósága alapján mintegy 40-70 % nagyságrendű (2. táblázat). A kísérleti terület szántott rétegének könnyen felvehető P-tartalma a kísérletek beállítása előtt gyenge, míg a K-tartalma viszonylag kielégítő ellátottságról tanúskodik ( $\text{AL-P}_2\text{O}_5 = 6-8 \text{ mg } \%$ ,  $\text{AL-K}_2\text{O} = 15-20 \text{ mg } \%$ ).

2. táblázat: Vízálló morzsák aránya a Nagyhörcsöki Kísérleti Telep egyik talajszelvényében, %

Mintavétel mélysége, cm	1 mm-nél kisebb	1 mm-nél nagyobb	Összes vízálló morzsa
0 - 20	12-20	10-16	22-36
20 - 32	14-18	37-46	51-64
32 - 100	12-15	41-53	53-68
100 - 130	2 - 3	10-21	12-23

A Kísérleti Telep tengerszint feletti magassága kb. 140 m. Az éves átlagos csapadék mennyisége 500-600 mm közötti, a napsütéses órák száma 2000-2200 közötti, a hőmérsékleti minimum/maximum  $-25^{\circ}\text{C}/+35^{\circ}\text{C}$  közötti. A talajvíz szintje 13-15 m körüli, tehát a talajképződési folyamatokat, termésszintek alakulását, ill. a műtrágyahatásokat nem befolyásolja. A vályog fizikai féleségű termőhely talajának szemcseméret eloszlása a szántott rétegben:

Homok (0,05 mm fölött) 15-20 %

Vályog (0,05-0,002 mm) 55-60 %

Agyag (0,002 mm alatt) 20-25 %

A kötöttség  $K_A$  38-42;  $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$  7,6-8,0;  $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$  7,2-7,5;  $\text{pH}(\text{KCl})$  7,2-7,8; szerves-C 1,8-2,0 %; Humusz 3,0-3,5 %;  $\text{CaCO}_3$  3-6 %, CEC 25-30 me/100 g. Az ammóniumlaktát+ecetsav oldható  $\text{P}_2\text{O}_5$  tartalom 80-100, a  $\text{K}_2\text{O}$  tartalom 140-160 mg/kg; az 1M KCl-oldható Mg 150-180 mg/kg, a 0,05 M EDTA + 0,1 M KCl-oldható Mn 80-150, Cu 2-3, Zn 1-2 mg/kg értéket mutat. A *MÉM NAK (1979)* által bevezetett módszerek és határértékek alapján ezek az adatok a talaj jó Mn, kielégítő/közepes K, Mg, N, Cu, valamint gyenge P és Zn ellátottságáról tanúskodnak.

A csapadék eloszlására vonatkozó méréseink 1961-ig nyúlnak vissza a telepen. Amint a 3. és 4. táblázatokból látható a Sárbogárdon mért 50 éves átlagtól való eltérések igen számottevőek az egyes évek között. Így pl. 1997-ben 319 mm csapadék hullott, míg 1999-ben közel háromszorosa, 830 mm. Extrém száraz hónap előfordult 1978 augusztusában 10 mm, 1979 májusában 10 mm, valamint 1981 áprilisában 6 mm csapadékösszeggel. A kukorica vízellátását a légköri csapadék biztosítja, hiszen öntözést nem folytattunk, a mélyen elhelyezkedő talajvíz a műtrágyahatásokat, ill. a termést nem befolyásolja. Méréseink szerint a legalacsonyabb vízellátás 1979-ben volt, amikor a kukorica rendelkezésére elméletileg 398 mm csapadék állhatott. Az 1979. IV-IX. havi, tenyészidő alatti mennyiség 238 mm-t tett ki, ezt megelőzően a talaj még vetésig az elővetemény lekerülése után 160 mm csapadékkal gazdagodhatott. Az így becsült vízellátottság 1980-ban 577 mm, 1981-ben 607 mm értékekkel jellemezhető.

3. táblázat: Havi csapadékadatok és évi csapadékösszegek (mm). Nagyhörcsök

Időszak Évek	H Ó N A P O K												Éves Összeg
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1977	30	63	52	35	49	40	33	62	36	16	79	26	522
1978	8	24	36	42	75	119	107	10	31	33	11	48	543
1979	66	48	13	50	10	50	44	65	19	27	74	68	535
1980	33	19	22	53	41	63	31	71	23	56	152	39	603
1981	8	15	34	6	45	101	42	53	40	22	34	115	516
1982	31	19	39	41	29	72	88	50	15	37	19	55	496
1983	35	47	33	23	105	14	19	51	10	42	33	10	421
1984	63	33	22	33	75	48	23	61	115	55	54	39	619
1985	8	50	59	23	55	87	24	77	10	16	97	57	562
1986	41	33	49	43	53	78	19	27	0	54	10	33	440
1987	66	13	54	58	86	68	26	74	44	9	78	28	603
1988	38	53	58	25	11	71	30	97	57	27	14	38	518
1989	6	24	42	72	44	62	65	78	1	31	36	7	468
1990	34	3	15	67	39	91	45	24	60	59	48	14	498
1991	17	17	21	20	59	22	99	93	17	91	52	17	522
1992	0	11	26	18	9	157	14	3	17	125	64	29	471
1993	10	4	15	28	8	12	61	32	66	91	103	60	487
1994	37	10	13	51	35	17	22	81	37	46	22	0	370
1995	12	53	33	38	37	89	30	7	87	7	23	68	483
1996	4	15	3	11	63	41	15	25	161	0	28	42	407
1997	0	8	13	8	53	60	50	9	4	37	28	51	319
1998	54	0	28	104	79	37	63	61	114	73	48	22	682
1999	15	44	17	87	77	192	129	61	19	53	96	42	830
2000	31	19	32	53	20	10	44	11	43	32	34	57	384
2001	45	0	62	47	17	47	80	129	113	0	57	25	622
2002	11	18	14	41	55	32	64	84	65	32	33	28	476
2003	29	34	5	22	31	18	88	25	27	92	39	16	425
2004	32	46	61	88	29	113	38	27	17	59	58	41	607
50 éves átlag**	29	28	31	45	46	68	56	58	48	41	53	42	544

4. táblázat: Csapadék megoszlása negyedévenként és a tenyészidő alatt, mm. Nagyhörcsök

Időszak, Évek	Éves összeg	Negyedévi összegek				Tenyészidő alatt	
		1	2	3	4	IV-IX. hó	X-VI. hó
1977	522	144	125	131	121	256	453
1978	543	68	236	148	92	384	425
1979	535	128	110	128	169	238	330
1980	603	74	158	125	247	282	401
1981	516	57	153	135	172	288	456
1982	496	90	142	153	111	295	404
1983	421	115	141	80	85	221	367
1984	619	117	156	199	147	355	358
1985	562	116	165	111	170	276	428
1986	440	123	174	46	97	220	467
1987	603	132	212	144	114	357	441
1988	518	149	107	183	79	290	370
1989	468	72	178	144	74	321	328
1990	498	52	197	129	121	325	322
1991	522	55	100	208	160	308	276
1992	471	37	183	34	217	217	380
1993	487	29	47	158	254	205	292
1994	370	60	103	140	68	242	416
1995	483	98	164	124	98	287	329
1996	407	22	115	201	70	316	235
1997	319	21	120	63	115	183	211
1998	682	82	220	239	142	458	417
1999	830	76	356	208	191	564	574
2000	384	82	83	98	122	180	355
2001	622	107	111	321	82	432	340
2002	476	43	128	213	93	341	253
2003	425	68	71	140	147	210	231
2004	607	139	229	81	158	310	516
50 éves átlag**	544	88	158	162	136	320	380

Naptári hónapok:

1. I. + II. + III. hó összege
2. IV. + V. + VI. hó összege
3. VII. + VIII. + IX. hó összege
4. X. + XI. + XII. hó összege

#### 4.2. A 25 éves kukorica monokultúra adatai

##### 4.2.1. Az 1978-1981. évek eredményei

Miután *Sommer és Lipmann (1926)* végleg igazolta a cink esszenciális voltát, már 1950-ben kiterjedt Zn-hiányos területekről érkeztek hírek Amerika Ny-i államaiból és Ausztráliából. A leggyakrabban gyümölcsfák esetében tapasztalták ezt a jelenséget, de a kukorica érzékenysége is ismert volt (*Thorne, 1957*). *Bingham és Garber (1960)* üvegházi tenyészedény-kísérletben narancs magonccal dél-kaliforniai talajokon megállapította, hogy a P-trágyázás csökkenti a növények által felvehető cink mennyiségét, és ez a reakció nem pusztán a talajban keletkező kölcsönhatások, hanem a növénybeni folyamatok miatt is végbemegy. *Olson és munkatársai (1965)* szerint a P-Zn antagonizmus a növények gyökerében lép fel, mivel a növény gyökerében és hajtásában eltérően alakul a Zn-tartalom P-trágyázás hatására. *Haber és Tolbert (1959)* hangsúlyozták, hogy a felvett szerves foszfát egy része már a gyökerekben szerves foszfáttá alakul.

A cink felvehetősége az alkalmazott műtrágya P-formáinak is függvénye. Ammónium-ortofoszfát- és polifoszfát-műtrágyák Zn-felvételt befolyásoló hatását vizsgálta *Lessman és Ellis (1971)* karbonátos talajon bab jelzőnövénnyel. Megállapították, hogy polifoszfát típusú műtrágya alkalmazása esetén a növény több cinket tartalmazhat.

*Martin és munkatársai (1965)* arra az eredményre jutottak, hogy alacsony talajhőmérséklet P-bőséggel társítva segíti a Zn-hiány kialakulását. *Paribok és Szokolov (1970)* paradicsommal és borsóval végzett kísérleteikben kimutatták, hogy a Zn-hiányban szenvedő növények P-felvétele fokozott. Zn-hiány esetén növekszik a növények Fe-, Cu- és Mo-tartalma is. A cink hatása tehát ellentétes a vaséval és rézéval. *Bergmann (1979)* szerint a cink növényfiziológiai jelentőségét az adja, hogy számos enzim specifikus fémkomponense, illetve hogy szerepe van a fehérje és az auxin anyagcserében. Hiányával főként a 6,0–6,5, vagy e feletti pH-jú talajokon kell számolni. Felhívja a figyelmet azonban a szakirodalomban található ellentétes véleményekre a nagyadagú P-műtrágyázással előidézett Zn-hiánnyal kapcsolatban. Mivel a szuperfoszfát 40–400 mg/kg cinket is tartalmazhat, P-műtrágyázás nyomán nőhet az oldható Zn-tartalom is a talajban. A P-Zn antagonizmus ilyenkor kevésbé kifejezett.

Az orosz műtrágyázási kézikönyv (*Szpravocsnik, 1960*) szerint a kukorica átlagosan kétszer annyi tápelemet igényelhet, mint a kalászosok és kezdeti fejlődése során P-igénye kifejezett. *Láng (1976)* kiemeli a növény nagy N-igényét, valamint felhívja a figyelmet a mikroelemek közül a cinkre, melynek hiánya felléphet foszforral feltöltött talajon. *Csathó (1994)* kísérleteiben dunántúli karbonátos csernozjom talajon 1–2 t/ha-ral csökkent a kukorica szemtermése P-indukálta Zn-hiány miatt. A Zn-hiány okozta terméseszköken megszűntethető volt Zn-szulfát talajba juttatásával, ill. Zn-hexaminos kezeléssel. *Kádár és Pusztai (1982)* beszámol a növekvő P-trágyázás Zn-tartalom csökkentő hatásáról tenyészedény-kísérletben 6-leveles kukoricánál, karbonátos csernozjom talajon. *Győri és Mátz (1979)* a kukoricaszem Zn- és triptofántartalma közötti összefüggéseket vizsgálva megállapították, hogy a P-dózis növelésével csökken a csíra Zn- és triptofántartalma, így romlik a kukorica takarmányértéke.

Magyarországon a hetvenes évek közepétől az átlagosnál több műtrágyát használó üzemekben a táblák P-ellátottsága esetenként már a nemkívánatos mértékig emelkedett (Kádár, 1987). Mivel a szántóterület 40–45 %-ának talaja meszes és kevés felvehető cinket tartalmaz, továbbá a szántó 20–30 %-án Zn-igényes kukoricát termesztünk, indokolt a P–Zn közötti kölcsönhatások vizsgálata a növénynél.

#### Anyag és módszer

P-Zn kísérletünket split-plot elrendezésben 3 ismétlésben állítottuk be. A nettó parcellák területe 39,2 m<sup>2</sup> volt.

A P és Zn trágyázás rendszere a következő volt:

1. tényező (főparcellák):

P0 = Ø

P1 = 100 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> évente

P2 = 500-500 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 1977. és 1982 őszen

P3 = 1000-1000 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 1977 és 1982 őszen

2. tényező (alparcellák):

Zn0 = Ø

Zn1 = 20 kg/ha Zn 1977, 30 kg/ha 1982 őszen

Zn2 = 40 kg/ha Zn 1977, 60 kg/ha 1982 őszen

A foszfort és a cinket tehát 5-5 évre előretrágyázással juttattuk ki, kivéve a P1 kezelés foszforját, ami évente történt.

Az alkalmazott trágyák szemcsés szuperfoszfát és ZnSO<sub>4</sub> x 7H<sub>2</sub>O voltak. A N és K<sub>2</sub>O trágyázás szintje egységesen 200-200 kg/ha/év volt minden parcellán, mészammonsalétrum és 60 %-os KCl formájában. A P, K és Zn teljes mennyiségét őszi szántás előtt, a N felét őszi, felét tavasszal juttattuk ki. Az első 5 évben Mv SC 580, a második 5 évben Pioneer SC 3901 hibridet vetettünk. Az első ciklusban 57 ezer, a másodikban 71 ezer volt a hektáronként vetett csíra mennyisége.

Talajvizsgálatok céljára betakarítás után 20-20 pontminta egyesítésével készítettünk átlagmintát. A kukorica virágzásakor parcellánként vett 20-20 db csővel szemközti levél képezte a diagnosztikai célra vett növénymintát. A növénymintavétel általában július 2. felében történt.

A P- és Zn-trágyákat szemcsés szuperfoszfát és ZnSO<sub>4</sub> formájában több évre előre kiadtuk, kivéve a 100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha évenkénti kezelésben. A N- és K<sub>2</sub>O-adagok egységesen 200–200 kg/ha/év mennyiséget jelentettek minden parcellán. A P-, Zn- és K-trágyák teljes mennyiségét őszi szántás előtt, a nitrogént őszi és tavasszal megosztva fele-fele arányban szórtuk ki. Mv-SC 580 kukoricahibridet vetettünk 60 ezer db/ha tőszámmal. Az üzemekben szokásos agrotechnikát alkalmaztuk, a tenyésztőterület 70x30 cm volt. A kísérletben végzett műveletekről az 1. táblázat nyújt áttekintést az 1978/1979. év példáján.

Talajvizsgálatok céljára betakarítás után parcellánként 20–20 pontminta egyesítésével készítettünk átlagmintákat a szántott rétegből. 4–6 leveles korban 20–20 növény, virágzás kezdetén/címerhányáskor 20–20 cső alatti levél, betakarításkor



20–20 csöves egyed jelentette a parcellánkénti átlagmintát. Az ammónium-laktát-(AL) oldható talajkivonatokat EGNÉR és munkatársai (1960) szerint határoztuk meg. A növényeket cc. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + cc. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> roncsolás után vizsgáltuk makroelemekre, ill. sósavas hidrolízist követően mikroelemekre (Varjú & Zsoldos, 1974).

1. táblázat: A kísérletben végzett műveletek az 1978/1979. év példáján bemutatva

Műveletek megnevezése	Ideje (év, hó, nap)	Megjegyzés
1. Őszi NPK-műtrágyázás	1978. 11. 27.	Parcellánként kézzel
2. Egyirányú szántás, fogasolás	1978. 11. 27.	MTZ-50+Lajta eke
3. Kísérlet kitűzése, karózása	1979. 03. 29.	Parcellánként kézzel
4. Tavaszi N-műtrágyázás	1979. 03. 29.	Parcellánként kézzel
5. Tárcsázás + fogasolás	1979. 03. 29.	MTZ-50+tárcsa, fogas
6. Kombinátorozás vetés előtt	1979. 04. 20.	MTZ-50
7. Vetés, magtakarás	1979. 04. 22.	MTZ-50+SPC-6+gyűrűshenger
8. Kísérlet újbóli kitűzése	1979. 05. 08.	Parcellánként kézzel
9. Utak talajmarózása	1979. 05. 08.	T-4K+talajmaró
10. Tőszám beállítása	1979. 05. 22.	Parcellánként kézzel, 70–30 cm
11. Növénymintavétel	1979. 06. 08.	4–6 leveles hajtás 20 db/parcella
12. Gazoló kapálás	1979. 06. 22.	Parcellánként kézzel
13. Utak talajmarózása	1979. 08. 05.	T-4K+talajmaró
14. Növénymintavétel	1979. 08. 06.	Parcellánként 20–20 db levél*
15. Gazoló kapálás	1979. 08. 08.	Parcellánként kézzel
16. Tőszámlálás	1979. 09. 14.	Parcellánként, belső 4–4 sor
17. Mintakéve vétele	1979. 09. 15.	20–20 db csöves szár/parcella
18. Betakarítás	1979. 09. 16.	Parcellánként kézzel 4-4 sor
19. Talajminta vétele	1979. 10. 21.	20 db lefűrés/parcella
20. Mintakévek feldolgozása	1979. 10. 28.	Parcellánként kézzel
21. Minták őrlése analízisre	1979. 11. 10.	Parcellánkénti átlagminta

\* Címerhányáskori cső alatti levél a belső 4-4 sorból szedve

A havi, negyedéves, tenyészidő alatti (ápr.–szept. havi), tenyészidőn kívüli (okt.–márc. havi) és az éves csapadékösszegeket a 2. táblázatban foglaltuk össze. Az adatokból látható, hogy extrém száraz hónap előfordult 1978 augusztusában 10 mm, 1979 májusában 10 mm, valamint 1981 áprilisában 6 mm csapadékösszeggel. A kukorica vízellátását a légköri csapadék biztosítja, hiszen öntözést nem folytattunk, a mélyen elhelyezkedő talajvíz a műtrágyahatásokat, ill. a termést nem befolyásolja. Méréseink szerint a legalacsonyabb vízellátás 1979-ben volt, amikor a kukorica rendelkezésére elméletileg 398 mm csapadék állhatott. Az 1979. ápr.–szept. havi, tenyészidő alatti mennyiség 238 mm-t tett ki, ezt megelőzően a talaj még vetésig az elővetemény lekerülése után 160 mm csapadékkal gazdagodhatott. Az így becsült vízellátottság 1980-ban 577 mm, 1981-ben 607 mm értékekkel jellemezhető.

2. táblázat: A havi, negyedéves, tenyészidő alatti (ápr.–szept. havi), tenyészidőn kívüli (okt.–márc. havi) és az éves csapadék összegei, mm

Vizsgált Időszak	Évenként				4 éves átlag	50 éves átlag Sárbogárd
	1978	1979	1980	1981		
január	8	66	33	9	29	34
február	24	48	19	15	26	36
március	36	13	22	34	26	37
Összesen	68	127	74	57	81	107
április	42	50	53	6	38	48
május	75	10	42	45	43	64
június	119	50	63	101	83	61
Összesen	236	110	157	152	164	173
július	107	44	31	42	56	54
augusztus	10	65	71	53	50	55
szeptember	31	19	22	40	28	49
Összesen	148	128	124	135	134	158
október	33	27	56	22	34	53
november	11	74	151	34	67	57
december	48	68	39	115	67	42
Összesen	92	169	246	171	170	152
ápr.–szept. havi	384	238	280	287	297	351
okt.–márc. havi	160	296	320	228	251	259
Éves összeg	543	534	601	515	548	598

#### Eredmények és értékelésük

A 3. táblázatban bemutatott vizsgálatok szerint P-trágyázással látványosan nőtt a szántott réteg AL-oldható P-tartalma, különösen az 1. évben. A 4. év végén ez a kontrollhoz viszonyított többlet drasztikusan lecsökkent.

3. táblázat: A P- és Zn-trágyázási szintek hatása a szántott réteg oldható elemtartalmára (Karbonátos csernozjom talaj, Nagyhörcsök)

Évek jele	P-kezelések, kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha*				SzD <sub>5</sub> %	Átlag	Zn-kezelések, kg/ha			SzD <sub>5</sub> %	Átlag
	0	100	500	1000			0	20	40		
	AL-oldható P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , mg/kg						KCl+EDTA-oldható Zn, mg/kg				
1978	81	119	167	300	47	167	2,2	4,6	7,0	3,3	4,6
1980	91	110	142	241	11	146	1,0	2,6	4,0	0,6	2,5
1981	71	114	119	189	13	123	1,0	2,1	3,0	0,4	2,0

\* P-kezelések: 100 kg/ha adag évente; 500, ill. 1000 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha 1977 őszén feltöltő trágyázás formájában

A műtrágya-P kevésbé oldható formába alakult és a növényi felvétel is jelentőssé vált. E talajon végzett korábbi vizsgálataink szerint a termőhely foszforral közepesen ellátottnak minősülhet 100–150 mg/kg, kielégítően ellátottnak 150–200 mg/kg AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> készlete esetén (Kádár, 1989). Úgy tűnik, ahhoz hogy ezt az eredetileg foszforral gyengén ellátott talajt közepesen ellátottá tegyük megközelítően 500 kg/ha, a kielégítő ellátottság eléréséhez 1000 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> egyszeri feltöltő trágyára lehet szükség. Hasonló következtetésre jutottunk ezt megelőzően egyéb kísérleteink eredményei alapján is (Kádár & Lásztity, 1979). A kukorica P-trágya iránti igénye mérsékelt, a közepes ellátottság elérése lehet ilyenkor a cél.

A KCl+EDTA módszerrel becsült Zn-készlet szintén tükrözte a Zn-trágya adagját és az évekkel csökkenő tendenciát jelzett a trágyázott kezelések talajában. Mivel a növényi Zn-felvétel elhanyagolható a trágyaadagokhoz viszonyítva, a csökkenés a kevésbé oldható Zn-formák kialakulására utalhat a talajban. Megemlítjük, hogy a P-trágyázás kimutathatóan nem befolyásolta az e módszerrel mért Zn koncentrációit. A felhasznált szuperfoszfátok ebben az időben általában 10–20 mg/kg Zn-készlettel rendelkeztek. Mivel P–Zn kölcsönhatások a talajelemzési adatokban nem voltak nyomon követhetők, a P-kezeléseket a Zn, míg a Zn-kezeléseket a P átlagában közöljük a 3. táblázatban.

A növényi szervek P %-át a Zn-trágyázás érdemben nem módosította. A 4. táblázatban megfigyelhető, hogy a 4–6 leveles hajtás, a címerhányáskori levél és a mag átlagos P-készlete kiürül, a magba vándorol. Ismeretes, hogy a szár a tápelemek tárolója. Amennyiben túlzott a kínálat, luxusfelvételt mutat, míg hiány esetén

4. táblázat: A P-trágyázás hatása a légszáraz kukorica 4–6 leveles hajtás, címerhányáskori levél, ill. az aratáskori szem és szár P %-ára

Növényi rész, ill. szerv	P-kezelések, kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha*				SzD <sub>5</sub> %	Átlag
	0	100	500	1000		
1978						
Hajtás	0,32	0,33	0,41	0,43	0,03	0,37
Szár	0,06	0,08	0,12	0,11	0,03	0,09
Szem	0,31	0,37	0,37	0,44	0,03	0,37
1979						
Hajtás	0,26	0,35	0,36	0,39	0,03	0,34
Szár	0,04	0,10	0,07	0,14	0,03	0,09
Szem	0,22	0,40	0,43	0,42	0,06	0,37
1980						
Hajtás	0,23	0,29	0,32	0,39	0,05	0,31
Szár	0,06	0,08	0,08	0,15	0,02	0,09
Szem	0,23	0,30	0,32	0,39	0,02	0,31
1981						
Hajtás	0,24	0,33	0,34	0,35	0,02	0,32
Szár	0,02	0,04	0,04	0,06	0,01	0,04
Szem	0,20	0,30	0,30	0,32	0,03	0,28

\* P-kezelések: 100 kg/ha adag évente; 500, ill. 1000 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha 1977 őszi feltöltő trágyázás.  
Megjegyzés: az adagok a Zn-kezelések átlagai

rendkívüli módon elszegényedhet. Kísérletünkben a hajtás, levél és a mag összetétele is jól jelezte a növekvő kínálatot, de extrém értékeket (évenkénti 2–3-szoros dúsulást) trágyázás hatására a szár P %-a mutatott. Az éveket is figyelembe véve 7,5-szeres eltérést találunk a szár P-tartalmában: 1981-ben a trágyázatlan talajon 0,02, míg 1980-ben a foszforral feltöltött talajon 0,15 % P-koncentrációt mértünk.

A kukorica Zn-tartalmában érdemi P–Zn kölcsönhatások figyelhetők meg. A fellépő P-túlsúly nyomán a növényi szervek Zn-tartalma igazolhatóan mérséklődik (5. táblázat). Leginkább kifejezetten a szárban, legkevésbé pregnánsan a generatív magban. A 3. és 4. években vett levél, szár és mag összetétele alapján arra a következtetésre juthatunk, hogy az 1000 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha feltöltő adaggal indukált Zn-koncentráció csökkenése megközelítően 40 kg/ha körüli Zn-trágyázással ellensúlyozható. Mivel a talaj foszforral és cinkkel egyaránt gyengén ellátott, P-feltöltés esetén szükségessé válhat a Zn-feltöltő beavatkozás is a kiegyensúlyozott P–Zn-táplálás biztosítása céljából.

5. táblázat: A PxZn-trágyázás hatása a légszáraz kukorica Zn-tartalmára, mg/kg

Zn-kezelések, kg	P-kezelések, kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha*				SzD <sub>5%</sub>	Átlag
Zn/ha	0	100	500	1000		
4–6 leveles hajtás (1979)						
0	33	33	30	27	11	31
20	45	39	42	32		39
40	55	47	54	38		48
SzD <sub>5%</sub>		10				5
Átlag	44	40	42	32	5	39
Cső alatti levél címerhányáskor (1980)						
0	25	16	15	17	5	18
20	33	28	28	23		28
40	31	27	27	26		28
SzD <sub>5%</sub>		6				3
Átlag	30	24	23	22	2	25
Szár aratáskor (1981)						
0	20	10	10	9	8	12
20	31	17	16	9		18
40	38	14	16	15		21
SzD <sub>5%</sub>		6				3
Átlag	30	14	14	11	7	17
Szem aratáskor (1981)						
0	17	15	15	14	3	15
20	19	19	17	16		18
40	19	17	19	16		18
SzD <sub>5%</sub>		2				1
Átlag	18	17	17	15	2	17

\* P-kezelések: 100 kg/ha adag évente; 500, ill. 1000 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha 1977 őszi feltöltő trágyázás formájában

A 4–6 leveles hajtás és a címerhányáskori cső alatti levél összetétele a szaktanácsadás számára diagnosztikai információt hordoz, melyből a növény tápláltsági állapotára, közvetetten a talaj kínálatára/ellátottságára következtethetünk.

Irodalmi források szerint a 4–6 leveles kukorica optimuma 0,3–0,5 % P, ill. 20–60 mg/kg Zn; míg címerhányáskor a levél optimuma 0,25–0,5 % P, ill. 25–100 mg/kg Zn koncentráció-tartományban ingadozhat. A kiegyensúlyozott P/Zn arány 50–150 közötti. Amennyiben a cinkhez viszonyított P-túlsúly jelentősen 200 fölé emelkedik a fiatal hajtásban vagy a virágzás elején, ill. címerhányáskor vett levélben, a Zn-trágyázás hatékony lehet (Bergmann & Neubert, 1976; Elek & Kádár, 1980; Csathó et al., 1989).

6. táblázat: PxZn-trágyázás hatása a légszáraz kukorica P/Zn arányára

Zn-kezelések, kg Zn/ha	P-kezelések, kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha*				SzD <sub>5</sub> %	Átlag
	0	100	500	1000		
4–6 leveles hajtás (1979)						
0	79	109	133	152	35	118
20	55	92	78	122		87
40	47	68	61	97		68
SzD <sub>5</sub> %			36			19
Átlag	60	90	91	124	20	91
Cső alatti levél címerhányáskor (1980)						
0	101	188	237	322	50	212
20	72	98	111	138		105
40	64	103	127	119		104
SzD <sub>5</sub> %			50			25
Átlag	79	130	159	193	30	140
Szár aratáskor (1980)						
0	5	45	39	111	29	50
20	7	31	17	43		24
40	9	25	28	31		23
SzD <sub>5</sub> %			25			13
Átlag	7	34	28	61	21	33
Szem aratáskor (1981)						
0	107	202	208	222	39	185
20	119	186	156	205		166
40	93	150	176	197		154
SzD <sub>5</sub> %			32			16
Átlag	107	179	180	208	29	168

\* P-kezelések: 100 kg/ha adag évente; 500, ill. 1000 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha 1977 őszén feltöltő trágyázás formájában

A légszáraz kukorica P/Zn aránya 2–3-szorosára tágult a P-trágyázással mind a fiatal hajtásban, mind a cső alatti levélben és a magban. A szártermésben már nagyságrendbeli változást eredményezett a P-feltöltő trágyázás 1000 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha

adagja. A 40 kg Zn/ha kezelés többé-kevésbé ellensúlyozta a P-indukálta P/Zn arány tágulását, a 4–6 leveles hajtás és a cső alatti levél P/Zn aránya ismét a 100 körüli optimumhoz közeledett. A szemtermés P/Zn arányait a Zn-trágyázás kevésbé módosította, mivel a mag Zn-tartalma a Zn-kezelésekben alig emelkedett. A P/Zn arányának változását a 6. táblázatban tanulmányozhatjuk a PxZn-kezelések függvényében.

Betakarításkor parcellánként megszámloltuk a meddő töveket és az összes tő %-ában fejeztük ki a P-kezelések függvényében a 7. táblázatban. A Zn-trágyázás bizonyíthatóan nem befolyásolta a meddő tövek előfordulását. A P-feltöltés 1978-ban növelte a meddő tövek számát, amikor is szemtelítődés idején augusztusban aszály uralkodott. Ebben az évben az összes kukoricacső 13–20 %-a bizonyult terméketlennek betakarítás idején. A további években ez a mutató átlagosan 1–4 % között ingadozott a trágyázástól függetlenül.

7. táblázat: A P-trágyázás hatása a meddő tövek előfordulására az összes tő %-ában

Évek	P-kezelések, kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha*				SzD <sub>5</sub> %	Átlag
	0	100	500	1000		
1978	13,0	14,0	19,7	20,5	6,8	16,8
1979	2,0	1,1	1,7	1,3	0,9	1,5
1980	3,1	1,9	1,9	1,9	1,1	2,2
1981	4,3	2,7	3,5	3,1	1,5	3,4
Átlag	5,6	4,9	6,7	6,7	2,6	6,0

\* P-kezelések: 100 kg/ha adag évente; 500, ill. 1000 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha 1977 őszi feltöltő trágyázás formájában

8. táblázat: A P-trágyázás hatása a kukorica légszáraz termésére, t/ha

Termés	P-kezelések, kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha*				SzD <sub>5</sub> %	Átlag
	0	100	500	1000		
1978						
Szem	8,7	9,3	9,2	9,9	0,9	9,3
Szár	4,8	5,7	5,5	5,4	0,6	5,3
1979						
Szem	8,2	8,8	8,9	8,9	0,6	8,7
Szár	5,8	6,2	6,0	6,4	0,6	6,1
1980						
Szem	9,5	10,2	10,4	10,2	0,4	10,0
Szár	5,1	5,8	6,3	6,0	0,5	5,8
1981						
Szem	8,8	9,8	9,8	10,1	0,5	9,6
Szár	4,5	5,5	5,4	5,7	0,6	5,3
Átlag (1978–1981 között)						
Szem	8,8	9,5	9,6	9,8	0,4	9,4
Szár	5,0	5,8	5,8	5,9	0,6	5,6

P-kezelések: 100 kg/ha adag évente; 500, ill. 1000 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha 1977 őszi feltöltő trágyázás formájában

A szem- és szártermést a P-trágyázás minden évben igazolhatóan növelte (8. táblázat). A szemtermésben átlagosan 1 t/ha körüli többletek jelentkeztek, az évente adott 100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha adag felett a terméstöbbletek már nem bizonyíthatók. A 8. táblázat adatai arról is tanúskodnak, hogy e talajon előretrágyázás folytatható. Nem szükséges évente kijuttatni pl. a 100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha fenntartó adagot, kiadható több évre, esetleg 4–5 évenként egyszeri P-trágyázást alkalmazva. Az 1000 kg/ha feltöltő trágyázás ugyanakkor kísérleti körülményeink között feleslegesnek és gazdaságtalannak bizonyult.

A Zn-trágyázás egyetlen évben, 1980-ban növelte bizonyíthatóan a kukorica szemtermését, éspedig az 1000 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha feltöltő trágyázásban részesült parcellákon (9. táblázat). A szártermés a Zn-kezelések eredményeképpen igazolhatóan nem módosult. Megemlítjük, hogy a kísérleti telepünk némileg erodáltabb, közepes humuszvastagságú (50–60 cm) talaján beállított Egységes Országos Műtrágyázási Tartamkísérletben évente rendszeresen 1–2 t/ha terméscsökkenést regisztrálunk kukoricánál P-túlsúlyos parcellákon a P-indukálta Zn-hiány miatt (Csathó et al., 1989). A Zn-hiány okozta terméscsökkenés ZnSO<sub>4</sub> talajba juttatásával, vagy Zn-hexamin permetezéssel megszüntethető volt (Csathó et al., 1994).

9. táblázat: A P-trágyázás hatása a kukorica légszáraz szemtermésére 1980-ban, t/ha

Zn-kezelések, kgZn/ha	P-kezelések, kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha*				SzD <sub>5%</sub>	Átlag
	0	100	500	1000		
0	9,1	10,0	10,3	9,4	0,6	9,7
20	9,7	10,4	10,0	10,5		10,2
40	9,6	10,1	10,8	10,7		10,3
SzD <sub>5%</sub>	0,6					0,3
Átlag	9,5	10,2	10,4	10,2	0,3	10,0

P-kezelések: 100 kg/ha adag évente; 500, ill. 1000 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha 1977 őszi feltöltő trágyázás formájában

### Összefoglalás

Szabadföldi P–Zn műtrágyázási tartamkísérletünket 1978 őszi állítottuk be löszön képződött, mély humuszcserző, vályog mechanikai összetételű karbonátos csernozjom talajon, Intézetünk nagyhorcsői kísérleti telepén. A talaj szántott rétege 5 % CaCO<sub>3</sub>-ot, 3 % humuszt tartalmaz; Ca, Mg, Mn és Cu elemekkel kielégítően, N és K elemekkel közepesen, P és Zn elemekkel gyengén ellátott. A talajvíz 13–15 m mélyen helyezkedik el, a termőhely aszályra hajló, vízmérlege negatív.

A 4P x 3Zn = 12 kezelést 3 ismétlésben, split-plot elrendezésben állítottuk be. A parcellák mérete 4,9x15=73,5 m<sup>2</sup>. Főparcellaként a 0, 100 kg/ha/év, 500 kg/ha/5 év, 1000 kg/ha/5 év P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-trágyázás, alparcellaként a 0, 20, 40 kg/ha/5 év Zn-trágyázás szolgált szuperfoszfát és ZnSO<sub>4</sub> formájában. Alaptrágyaként az egész kísérletben egységesen 200 kg/ha N- és 200 kg/ha K<sub>2</sub>O-műtrágyát alkalmaztunk NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> és KCl formájában. A termesztett kukorica-hibrid az Mv-SC 580 volt. Az első 4 év eredményei alapján levonható főbb következtetések:

– Kísérleti körülményeink között, ezen a foszforral gyengén ellátott talajon, az évenként adott 100 kg/ha  $P_2O_5$ -trágyázás kielégítheti a kukorica P-igényét. Előretrágyázás formájában ez a mennyiségű foszfor 4–5 évre számolva egyszerre is kiadható. Az 1000 kg/ha feltöltő  $P_2O_5$ -trágyázás gazdaságtalan és Zn-hiányt indukálva termés csökkenéshez vezethet. Az AL-oldható  $P_2O_5$ -tartalom optimumát a 100–150 mg/kg érték jelezheti a szántott rétegben.

– Az egyoldalú, 1000 kg  $P_2O_5$ /ha adaggal előidézett P-túlsúlyt és szemterméscsökkenést a 40 kg/ha Zn-trágyázással lehetett ellensúlyozni. A KCl+EDTA módszerrel meghatározott Zn-tartalom optimumát 2–3 mg/kg talajbani koncentráció mutatta.

– Irodalmi adatokkal összhangban a kukorica kiegyensúlyozott tápláltsági állapotát a 4–6 leveles légszáraz hajtásban mért 0,3–0,5 % P és 30–60 mg/kg Zn, míg a címerhánnyáskori levél optimális összetételét 0,25–0,40 % P és 25 mg/kg feletti Zn-koncentráció-tartomány jellemezheti. A P/Zn arányának ideális értéke a vegetatív növényi részekben 50–150 közöttire tehető. Amennyiben ez a P/Zn arány jelentősen 200 fölé emelkedik, a Zn-trágyázás hatékony lehet.

– A P-túlsúly növelte a meddő tövek előfordulását 1978-ban, amikor szemtelítődés idején (augusztusban) aszály uralkodott. Ebben az évben a termő tövek 13–20 %-a bizonyult terméketlennek.

#### 4.2.2. Talajvizsgálatok egyéb adatai

Az 1. táblázatban bemutatott vizsgálatok szerint P-trágyázással látványosan nőtt a szántott réteg AL-oldható P-tartalma, különösen az 1. évben. A 4. év végén ez a kontrollhoz viszonyított többlet drasztikusan lecsökkent. A műtrágya-P kevésbé oldható formába alakult és a növényi felvétel is jelentőssé vált. E talajon végzett korábbi vizsgálataink szerint a termőhely P-ral közepesen ellátottnak minősülhet 100–150 mg/kg, kielégítően ellátottnak 150–200 mg/kg AL- $P_2O_5$  készlete esetén (Kádár 1989). Úgy tűnik, ahhoz hogy ezt az eredetileg P-ral gyengén ellátott talajt közepesen ellátottá tegyük megközelítően 500 kg/ha, a kielégítő ellátottság eléréséhez 1000 kg/ha  $P_2O_5$  egyszeri feltöltő trágyára lehet szükség. Hasonló következtetésre jutottunk ezt megelőzően egyéb kísérleteink eredményei alapján is (Kádár és Lásztity 1979). A kukorica P-trágya iránti igénye mérsékelte, a közepes ellátottság elérése lehet ilyenkor a cél.

A KCl+EDTA módszerrel becsült Zn-készlet szintén tükrözte a Zn-trágya adagját és az évekkel csökkenő tendenciát jelzett a trágyázott kezelések talajában. Mivel a növényi Zn-felvétel elhanyagolható a trágyaadagokhoz viszonyítva, a csökkenés a kevésbé oldható Zn-formák kialakulására utalhat a talajban. Megemlítjük, hogy a P-trágyázás kimutathatóan nem befolyásolta az e módszerrel mért Zn koncentrációit. A felhasznált szuperfoszfátok ebben az időben általában 10–20 mg/kg Zn-készlettel rendelkeztek. Mivel P-Zn kölcsönhatások a talajelemzési adatokban nem voltak nyomon követhetők, a P-kezeléseket a Zn, míg a Zn-kezeléseket a P átlagában közöljük az 1. táblázatban.



1. táblázat: A P és Zn szintek hatása a szántott réteg elemtartalmára

Évek	P-kezelések, kg/ha P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>				SzD <sub>5</sub> %	Átlag
	0	100*	500**	1000**		
Ammoniumlaktát (AL) oldható P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , mg/kg						
1978	81	119	167	300	47	167
1980	91	110	142	241	11	146
1981	71	114	119	189	13	123
Évek	Zn-kezelések, kg/ha Zn**			SzD <sub>5</sub> %	Átlag	
	0	20	40			
KCl+EDTA oldható Zn, mg/kg						
1978	2.2	4.6	7.0	3.3	4.6	
1980	1.0	2.6	4.0	0.6	2.5	
1981	1.0	2.1	3.0	0.4	2.0	

\* Évente; \*\* 1977 őszen feltöltő trágyázás formájában

Kísérletünkben az AL- P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, az Olsen-P, az EDTA-Zn és AL-Zn tartalom alakulását a 2. táblázatban tanulmányozhatjuk. Az első év után az 1000 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> műtrágyázás mintegy 220 mg/kg-mal növelte meg az AL- P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tartalmat a P-kontrollhoz képest. A 4. évre ez a különbség 120 mg/kg-ra csökkent, a P megkötődése, ill. a növényi P-felvétel következtében. A II. ciklusban, a másodszori P-feltöltés után mind a 2., mind az 5. évben ez a különbség 270 mg/kg-nak adódott (2.táblázat).

A foszforral korábban már feltöltött talajon a legerőteljesebben P-kötő helyek az első P-feltöltés alkalmával "semlegesíthetők", így a második feltöltés tartamhatása feltehetően jóval hosszabban tartó, erőteljesebb, mint az első feltöltés lehetett. Ugyanezt a jelenséget tapasztaltuk egy másik nagyhőrcsöki eddig nem közölt feltöltő P-trágyázási kísérletünkben is. A foszforral jól ellátott talajon tehát a fajlagos, 10 ppm AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> emeléséhez szükséges műtrágya-foszfor mennyisége kevesebb lehet, mint ugyanazon foszforral korábban nem trágyázott P-szegény talajon. Az 1000 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/5 év P-trágyázás mind a 10 évben jó, ill. túlzott P-ellátást eredményezett.

Az AL-P görbéknek időbeni változásának képétől eltérő ugyanakkor a csupán a gyengébben kötött, labilis P-t oldó, Olsen-módszerrel kivont foszfor mennyiségének változása. Az Olsen-P tartalom a második P-feltöltés után (5 év során) is csökkenő tendenciát mutatott az idő múlásával, ugyanakkor az 1000 kg/ha/5 év adag esetében ez a csökkenés egy magasabb Olsen-P szinten következett be.

**2. táblázat:** AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Olsen-P, EDTA-Zn és AL-Zn tartalom változása a P-szintek és az évek függvényében

Kezelés	1978	1980	1981	Átlag	1983	1984	1987	Átlag
<b>P-szintek</b>								
	AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , mg/kg (a Zn kezelések átlagában)							
P0	81	91	71	81	87	71	80	79
P1	119	110	114	114	141	132	172	148
P2	167	142	119	143	253	165	169	197
P3	300	241	189	243	366	343	346	352
SzD <sub>5%</sub>	47	11	13	17	77	22	11	27
Átlag	167	146	123	145	212	178	192	194
<b>Olsen-P, mg/kg (a Zn kezelések átlagában)</b>								
P0	6.5	8.0	9.0	7.8	7.2	9.9	4.7	7.3
P1	10.9	12.3	16.9	13.4	18.8	18.9	18.9	18.9
P2	20.2	19.5	16.9	18.9	42.8	24.2	13.3	26.8
P3	41.9	34.5	26.0	34.1	76.9	51.3	34.5	54.2
SzD <sub>5%</sub>	9.0	1.9	-	4.6	13.4	-	2.4	6.8
Átlag	19.9	18.6	17.2	18.6	36.4	26.1	17.9	26.8
<b>Zn-szintek</b>								
	KCl+EDTA-Zn, mg/kg (a P kezelések átlagában)							
Zn0	2.2	1.0	1.0	1.4	1.4	2.0	1.7	1.7
Zn1	4.6	2.6	2.1	3.1	10.1	8.7	9.3	9.4
Zn2	7.0	4.0	3.0	4.7	18.2	15.5	15.7	16.5
SzD <sub>5%</sub>	3.3	0.6	0.4	1.1	2.9	1.3	1.4	1.2
Átlag	4.6	2.5	2.0	3.1	9.9	8.7	8.9	9.2
<b>AL-Zn, mg/kg (a P kezelések átlagában)</b>								
Zn0	3.2	1.4	1.2	1.9	2.2	1.0	2.9	2.0
Zn1	5.3	2.6	2.4	3.4	9.4	8.7	13.0	10.4
Zn2	9.4	3.6	3.8	5.6	15.0	17.6	25.0	19.2
SzD <sub>5%</sub>	3.7	0.6	0.6	1.3	1.4	1.1	2.9	1.1
Átlag	5.9	2.5	2.5	3.6	8.9	9.1	13.6	10.5

Az első Zn feltöltés (20 kg/ha/5 év a Zn1, ill. 40 kg/ha Zn/5 év a Zn2 szinten) hatására az első év után az EDTA-Zn tartalom 2,4, ill. 4,8 mg/kg-mal növekedett meg a kontrollhoz képest. Ez a különbség a 4. évre 1,1, ill. 2,0 mg/kg-ra csökkent. A második, megemelt adagú (a Zn1 szinten 30 kg/ha Zn/5 év, a Zn2 szinten 60 kg/ha/5 év) Zn-feltöltés hatása - a P-hoz hasonlóan - erőteljesebb és hosszabban tartó volt, mint az első feltöltésé (8,7 ill. 16,8 mg/kg EDTA-Zn tartalom növekedés az első év után, és 7,6 ill. 14,0 mg/kg növekedés a feltöltés utáni 4. évben). Az EDTA-Zn

tartalom már a Zn1 adag hatására a jó ellátottságba emelkedett és ott is maradt a vizsgált 10 évben.

Az AL-Zn tartalom változása hasonló, ill. még élesebb kontrasztot mutatott a két ciklus összehasonlításában mint az EDTA-Zn tartalmaké. Mind a P, mind a Zn esetében tehát arra a gyakorlati szempontból igen fontos megállapításra jutottunk, hogy a "jó" ellátottság elérése után az azonos adagú P ill. Zn műtrágyák megkötődése az eredeti állapothoz képest jóval mérsékeltebb volt (2. táblázat).

A könnyen oldható mikroelem tartalmak meghatározására alkalmas oldószerek közül *Lakanen-Erviö (1971)* 8 módszert összehasonlítva az AL-módszert a talaj könnyen oldható Zn-tartalmának becslésére alkalmasnak találta. Meg kell azonban jegyeznünk, hogy saját vizsgálatainkban a tág oldószer: talaj arány miatt a nagyhőcsöki Zn trágyázásban nem részesült talajon az alacsony Zn-tartalmak meghatározása bizonytalan volt e módszerrel. A KCl+EDTA módszer az alacsony Zn-tartalmak pontosabb meghatározására adott lehetőséget.

#### 4.2.3. A P és a Zn trágyázás hatása a kukorica termésére

Zn trágyázás hatására a magas P-szinteken csak tendenciájában növekedett a termés. A nagy P-szinten csak egyes években lépett fel szemtermés csökkenés, ill. cink-trágyahatás. Mint ismeretes, az első 5 évben Mv SC 580, a második ciklusban Pioneer SC 3901 hibridet vetettünk. A cikluson belüli változások tehát évjáráthatás következtében jelentkezhetnek. A kukorica kezdeti fejlődése szempontjából döntő május-június hőmérsékleti adatait elemezve a vizsgált 10 évben, 1980 májusa, 1985 júniusa és 1987 májusa volt az átlagosnál jelentősen hűvösebb. E 3 évből kettőben tapasztaltunk nagy Zn-hatásokat a magas P-szinten, amelyből az 1980. évit mutatjuk be (2.4. táblázat). Eredményeink tehát többé-kevésbé megerősítik *Martin et al. (1965)* megfigyelését, kik a P-indukálta Zn-hiány erőteljesebb megjelenését tapasztalták 10-15 °C hőmérséklet esetén, míg a magasabb hőmérsékleten ez a Zn-hiány nem, vagy csak csekély mértékben jelentkezett.

Betakarításkor parcellánként megszámláltuk a meddő töveket és az összes tő %-ában fejeztük ki a P-kezelések függvényében. A Zn-trágyázás bizonyíthatóan nem befolyásolta a meddő tövek előfordulását. A P-feltöltés 1978-ban növelte a meddő tövek számát, amikor is szemtelítődés idején augusztusban aszály uralkodott. Ebben az évben az összes kukoricacső 13-20 %-a bizonyult terméketlennek betakarítás idején. A további években ez a mutató átlagosan 1-4 % között ingadozott a trágyázástól függetlenül. 1990-ben viszont, amikor a kukorica magtermése mindössze 1-2 t/ha-ra csökkent, a meddő tövek aránya a P-kontroll talajon elérte a 68 %-ot.

A szem és szár termését a P-trágyázás minden évben igazolhatóan növelte. A szemtermésben átlagosan 1 t/ha körüli többletek jelentkeztek, az évente adott 100 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> adag felett a terméstöbbletek már nem bizonyíthatók. A 3. táblázat adatai arról is tanúskodnak, hogy e talajon előretrágyázás folytatható. Nem szükséges évente kijuttatni pl. a 100 kg/ha fenntartó P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> adagot, kiadható több évre, esetleg 4-5 évenként egyszeri P-trágyázást alkalmazva. Az 1000 kg/ha feltöltő trágyázás ugyanakkor kísérleti körülményeink között feleslegesnek és gazdaságtalannak bizonyult.

3. táblázat: P-trágyázás hatása a kukorica légszáraz termésére betakarításkor

Szár- ill. szemtermés	P-kezelések, kg/ha P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>				SzD <sub>5</sub> %	Átlag
	0	100*	500**	1000**		
1978, t/ha						
Szem	8.7	9.3	9.2	9.9	0.9	9.3
Szár	4.8	5.7	5.5	5.4	0.6	5.3
1979, t/ha						
Szem	8.2	8.8	8.9	8.9	0.6	8.7
Szár	5.8	6.2	6.0	6.4	0.6	6.1
1980, t/ha						
Szem	9.5	10.2	10.4	10.2	0.4	10.0
Szár	5.1	5.8	6.3	6.0	0.5	5.8
1981, t/ha						
Szem	8.8	9.8	9.8	10.1	0.5	9.6
Szár	4.5	5.5	5.4	5.7	0.6	5.3
Átlag 1978-1981. között						
Szem	8.8	9.5	9.6	9.8	0.4	9.4
Szár	5.0	5.8	5.8	5.9	0.6	5.6

\* Évente; \*\* 1977 őszen feltöltő trágyázás formájában

A Zn-trágyázás egyetlen évben, 1980-ban növelte bizonyíthatóan a kukorica szemtermését, éspedig az 1000 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> feltöltő trágyázásban részesült parcellákon (4. táblázat). A szártermés a Zn-kezelések eredményeképpen igazolhatóan nem módosult. Megemlítjük, hogy a kísérleti telepünk némileg erodáltabb, közepes humuszvastagságú (50-60 cm) talaján beállított Egységes Országos Műtrágyázási Tartamkísérletben évente rendszeresen 1-2 t/ha termésnövekedést regisztrálunk kukoricánál P-túlsúlyos parcellákon a P-indukálta Zn-hiány miatt (Csathó et al. 1989). A Zn-hiány okozta termésnövekedés ZnSO<sub>4</sub> talajba juttatásával, vagy Zn-hexamín permetezéssel megszüntethető volt (Csathó et al. 1994). A búza utáni kukorica trágyareakcióját 1969-2007 között a későbbiekben részletesen is bemutatjuk (Kádár és Márton 2006).

4. táblázat: P-trágyázás hatása a kukorica légszáraz termésére 1980-ban

Zn-kezelés kg/ha Zn**	P-kezelések, kg/ha P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>				SzD <sub>5</sub> %	Átlag
	0	100*	500**	1000**		
Szemtermés, t/ha						
0	9.1	10.0	10.3	9.4	9.7	10.2
20	9.7	10.4	10.0	10.5	0.6	
40	9.6	10.1	10.8	10.7	10.3	
SzD <sub>5</sub> %	0.6				0.3	10.0
Átlag	9.5	10.2	10.4	10.2	0.3	

\* Évente; \*\* 1977 őszen feltöltő trágyázás formájában

A monokultúra 25 évének légszáraz magtermését az 5., szártermését a 6., az összes tőszámát a 7., a meddő tövek számát a 8., az 1000-ag tömegszámát a 9., a szár/szem arány változását a 10. táblázatban tanulmányozhatjuk a meghatározó P-szintek függvényében.

5. táblázat: P-trágyázás hatása a kukorica szemtermésére, t/ha

Vizsgált évek	P-kezelések, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha				SzD <sub>5</sub> %	Átlag
	0	100	500	1000		
1978	8,7	9,3	9,2	9,9	0,9	9,3
1979	8,2	8,8	8,9	8,9	0,6	8,7
1980	9,5	10,2	10,4	10,2	0,4	10,0
1981	8,8	9,8	9,8	10,1	0,5	9,6
1982	8,6	10,2	10,3	10,2	0,4	9,8
1983	6,1	6,4	6,5	6,6	0,5	6,4
1984	7,3	8,0	7,8	7,6	0,5	7,7
1985	7,6	8,7	9,3	9,0	0,6	8,6
1986	6,8	8,0	8,2	8,0	0,5	7,7
1987	8,3	9,8	9,8	9,6	0,3	9,4
1988	5,7	5,7	5,5	5,5	0,4	5,6
1989	6,6	8,6	8,8	8,5	1,1	8,1
1990	1,0	1,4	1,6	1,7	0,4	1,4
1991	8,4	10,8	10,6	10,4	1,1	10,0
1992	5,8	6,9	7,4	7,6	0,9	6,9
1993	5,8	7,2	7,3	7,0	0,4	6,8
1994	6,2	6,7	6,7	6,6	0,3	6,5
1995	9,5	10,8	10,6	10,5	0,4	10,4
1996	8,5	11,6	11,3	11,4	0,4	10,7
1997	9,0	11,9	11,8	11,9	0,6	11,2
1998	9,0	10,6	10,8	10,8	0,6	10,3
1999	9,2	10,6	10,6	10,5	0,6	10,2
2000	5,6	7,9	8,1	7,8	0,7	7,4
2001	6,6	9,1	9,2	9,6	1,0	8,6
2002	5,2	7,7	8,0	7,6	0,8	7,1

6. táblázat: P-trágyázás hatása a kukorica szártermésére, t/ha

Vizsgált évek	P-kezelések, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha				SzD <sub>5%</sub>	Átlag
	0	100	500	1000		
1978	4,8	5,7	5,5	5,4	0,6	5,3
1979	5,8	6,2	6,0	6,4	0,6	6,1
1980	5,1	5,8	6,3	6,0	0,5	5,8
1981	4,5	5,5	5,4	5,7	0,6	5,3
1982	3,4	4,0	4,1	4,2		3,9
1983	3,9	4,7	4,5	4,5	0,3	4,4
1984	3,4	4,2	4,0	4,0	0,3	3,9
1985	4,0	5,5	5,7	5,6	0,4	5,2
1986	6,3	5,6	5,8	5,8	0,8	5,9
1987	6,4	7,0	6,9	6,7	0,5	6,8
1988	4,0	4,8	4,7	4,4	0,6	4,5
1989	4,3	5,4	5,5	5,1	0,3	5,1
1990	7,3	6,5	6,8	6,0	0,3	6,6
1991	4,6	5,3	5,3	4,7	0,5	5,0
1992	3,5	4,8	4,4	4,7	1,1	4,3
1993	5,0	5,4	5,1	5,8	0,6	5,3
1994	5,6	6,0	5,9	5,7	1,0	5,8
1995	6,8	9,3	11,0	9,4	0,9	9,1
1996	5,0	6,3	6,5	6,7	0,7	6,1
1997	6,1	8,0	7,8	7,4	1,4	7,3
1998	6,8	7,2	7,2	7,7	1,0	7,2
1999	6,9	8,7	8,9	8,6	0,8	8,3
2000	4,2	5,2	5,2	5,3	0,6	5,0
2001	5,4	7,8	7,9	7,7	1,0	7,2
2002	8,1	11,6	12,6	11,5	1,2	11,0

Csutka a szár tömegének átlagosan

**7. táblázat: P-trágyázás hatása a kukorica monokultúra betakarításkori összes tőszámára, ezer db/ha**

Vizsgált évek	P-kezelések, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha				SzD <sub>5%</sub>	Átlag
	0	100	500	1000		
1978	35	37	39	41	5	38
1979	43	43	43	44	6	43
1980	47	46	46	45	4	46
1981	64	63	64	62	4	63
1982	52	54	54	53	5	53
1983	74	74	76	74	4	74
1984	60	60	59	59	5	60
1985	69	67	69	66	5	68
1986	66	68	69	69	4	68
1987	60	58	58	57	3	58
1988	65	67	66	65	2	66
1989	83	80	81	79	2	81
1990	76	76	76	75	3	76
1991	82	79	79	76	4	79
1992	56	54	53	48	5	52
1993	82	80	80	79	3	80
1994	60	61	61	60	4	60
1995	55	58	57	59	3	57
1996	58	58	60	59	3	59
1997	64	66	65	66	2	65
1998	72	73	73	73	3	73
1999	59	60	60	60	3	60
2000	60	60	58	58	3	59
2001	56	56	58	58	3	57
2002	64	64	69	66	4	66

**8. táblázat: P-trágyázás hatása a kukorica monokultúra meddő töveinek mennyiségére betakarításkor az összes tö %-ában**

Vizsgált évek	P-kezelések, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha				SzD <sub>5</sub> %	Átlag
	0	100	500	1000		
1978	13,0	14,0	19,7	20,5	6,8	16,8
1979	2,0	1,1	1,7	1,3	0,9	1,5
1980	3,1	1,9	1,9	1,9	1,1	2,2
1981	4,3	2,7	3,5	3,1	1,5	3,4
1982						
1983	3,8	2,8	3,4	3,1	1,2	3,3
1984	1,6	1,7	2,1	1,8	0,9	1,8
1985	2,4	1,3	1,5	1,1	1,1	1,6
1986	5,2	4,4	4,5	4,2	1,4	4,6
1987	1,5	1,6	1,8	0,9	1,1	1,4
1988	8,3	2,9	2,4	2,3	2,1	4,0
1989	3,3	1,7	1,6	1,7	0,9	2,0
1990	68,4	52,7	51,0	47,6	8,3	55,2
1991	3,9	2,1	2,1	2,2	1,4	2,6
1992	9,5	5,3	4,1	5,8	1,7	6,1
1993	4,1	2,1	2,3	2,2	1,2	2,7
1994	2,8	3,7	2,5	3,4	1,2	3,1
1995	2,7	5,4	4,4	5,4	1,4	4,8
1996	3,2	1,1	1,3	1,1	1,3	1,7
1997	4,0	1,7	2,5	2,7	1,1	2,7
1998	4,0	3,0	2,6	2,2	1,2	2,9
1999	1,6	1,2	1,5	1,0	0,9	1,3
2000	7,5	3,5	3,1	3,4	2,0	4,4
2001	5,4	4,1	5,2	4,7	1,2	4,9
2002	12,2	10,8	6,7	13,4	5,0	10,8



**9. táblázat: P-trágyázás hatása a kukorica monokultúra 1000-mag tömegére, g**

Vizsgált évek	P-kezelések, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha				SzD <sub>5%</sub>	Átlag
	0	100	500	1000		
1978	438	445	450	448	10	445
1979	346	355	368	352	8	355
1980	394	417	418	425	16	414
1981	330	361	358	363	18	353
1982	400	392	390	400	10	398
1983	312	310	320	318	11	312
1984	294	316	321	322	15	313
1985	304	315	317	308	8	311
1986	248	258	256	257	12	255
1987	293	301	299	303	5	299
1988	257	224	227	225	15	233
1989	270	280	275	280	12	276
1990	264	254	253	248	15	255
1991	311	304	314	311	16	310
1992	211	222	220	211	9	215
1993	242	267	272	265	7	260
1994	270	257	264	252	9	264
1995	344	350	358	349	12	350
1996	333	344	349	349	7	344
1997	331	325	332	328	7	330
1998	-	-	-	-	-	-
1999	-	-	-	-	-	-
2000	-	-	-	-	-	-
2001	362	363	369	369	19	366
2002	-	-	-	-	-	-

Megjegyzés: - nincs adat

10. táblázat: P-trágyázás hatása a kukorica monokultúra szár/szem arányára

Vizsgált évek	P-kezelések, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha				SzD <sub>5</sub> %	Átlag
	0	100	500	1000		
1978	0,55	0,63	0,57	0,55	0,08	0,58
1979	0,70	0,71	0,66	0,72	0,06	0,70
1980	0,54	0,57	0,60	0,59	0,06	0,58
1981	0,51	0,56	0,56	0,56	0,05	0,55
1982	0,40	0,39	0,40	0,40	0,02	0,40
1983	0,64	0,70	0,70	0,69	0,06	0,68
1984	0,47	0,52	0,52	0,52	0,05	0,51
1985	0,52	0,63	0,62	0,62	0,08	0,60
1986	0,89	0,69	0,68	0,71	0,14	0,74
1987	0,78	0,72	0,71	0,69	0,06	0,72
1988	0,69	0,85	0,80	0,78	0,10	0,78
1989	0,65	0,64	0,63	0,60	0,08	0,63
1990	7,19	4,52	4,35	3,62	1,14	4,66
1991	0,54	0,49	0,50	0,45	0,05	0,49
1992	0,61	0,67	0,61	0,64	0,09	0,63
1993	0,87	0,75	0,70	0,83	0,15	0,79
1994	0,91	0,89	0,87	0,87	0,09	0,89
1995	0,71	0,86	1,04	0,89	0,10	0,88
1996	0,59	0,54	0,57	0,59	0,06	0,57
1997	0,68	0,68	0,67	0,62	0,06	0,66
1998	0,68	0,58	0,59	0,57	0,07	0,60
1999	0,75	0,82	0,84	0,82	0,08	0,81
2000	0,75	0,66	0,64	0,68	0,08	0,68
2001	0,82	0,86	0,86	0,80	0,08	0,84
2002	1,54	1,51	1,59	1,52	0,09	1,54

#### 4.2.4. A kukorica ásványi összetételének alakulása

A kukorica Zn-tartalmában érdemi P-Zn kölcsönhatások figyelhetők meg. A fellépő P-túlsúly nyomán a növényi szervek Zn-tartalma igazolhatóan mérséklődik. Leginkább kifejezetten a szárban, legkevésbé pregnánsan a generatív magban. A 3. és 4. években vett levél, szár és mag összetétele alapján arra a következtetésre juthatunk, hogy az 1000 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> feltöltő adaggal indukált Zn-koncentráció csökkenése megközelítően 40 kg/ha körüli Zn-trágyázással ellensúlyozható. Mivel a talaj P-ral és Zn-kel egyaránt gyengén ellátott, P-feltöltés esetén szükségessé válhat a Zn-feltöltő beavatkozás is a kiegyensúlyozott P-Zn táplálás biztosítása céljából.

A 4-6 leveles hajtás és a címerhányáskori csó alatti levél összetétele a szaktanácsadás számára diagnosztikai információt hordoz, melyből a növény tápláltsági állapotára, közvetetten a talaj kínálatára/ellátottságára következtethetünk. Irodalmi források szerint a 4-6 leveles kukorica optimuma 0,3-0,5 % P, illetve 20-60 mg/kg Zn; míg címerhányáskor a levél optimuma 0,25-0,5 % P, illetve 25-100 mg/kg Zn koncentráció-tartományban ingadozhat. A kiegyensúlyozott P/Zn arány 50-150 közötti. Amennyiben a Zn-hez viszonyított P-túlsúly jelentősen 200 fölé emelkedik a fiatal hajtásban vagy a virágzás elején, illetve címerhányáskor vett levélben, a Zn-trágyázás hatékony lehet (Bergmann és Neubert 1976, Elek és Kádár 1980, Csathó et al. 1989).

A légszáraz kukorica P/Zn aránya 2-3-szorosára tágult a P-trágyázással mind a fiatal hajtásban, mind a csó alatti levélben és a magban. A szártermésben már nagyságrendbeli változást eredményezett a P-feltöltő trágyázás 1000 kg/ha  $P_2O_5$  adagja. A 40 kg/ha Zn-kezelés többé-kevésbé ellensúlyozta a P-indukálta P/Zn arány tágulását, a 4-6 leveles hajtás és a csó alatti levél P/Zn aránya ismét a 100 körüli optimumhoz közeledett. A szemtermés P/Zn arányait a Zn-trágyázás kevésbé módosította, mivel a mag Zn-tartalma a Zn-kezelésekben alig emelkedett.

A 4-6 leveles hajtás, a címerhányáskori levél és a mag átlagos P-készlete kiürül, a magba vándorol. Ismeretes, hogy a szár a tápelemek tárolója. Amennyiben túlzott a kínálat, luxusfelvételt mutat, míg hiány esetén rendkívüli módon elszegényedhet. Kísérletünkben a hajtás, levél és a mag összetétele is jól jelezte a növekvő kínálatot, de extrém értékeket (évenkénti 2-3-szoros dúsulást) trágyázás hatására a szár P %-a mutatott. Az éveket is figyelembe véve 7,5-szeres eltérést találunk a szár P-tartalmában: 1981-ben a trágyázatlan talajon 0,02, míg 1980-ben a P-ral feltöltött talajon 0,15 % P-koncentrációt mértünk.

A diagnosztikai célú növényanalízis virágzáskori kukoricalevél P % határértékei 0,15-0,24 % P tartalomnál alacsony, 0,25-0,49 %-nál kielégítő, 0,50-0,80 % esetében magas P-ellátottságot mutatnak.

Kísérletünkben a  $P_0$  kezelés alacsony P tartalmához a  $P_2$  szinthez képest átlagosan 1,0 t/ha-ral kisebb szemtermések tartoznak, jelezve a nem kielégítő P-ellátottságot. Ugyanakkor a 0,50 % körüli P-tartalom már magas P-ellátottságot mutat. Meg kell jegyeznünk viszont, hogy más kísérletünkben már 0,35-0,40 % virágzáskori levél P-tartalomnál is történt termésnövekedés kukoricában.

Az átlagos évi 5 ill. 10 kg Zn trágyázás erőteljesen csökkentette a virágzáskori levél P-tartalmát a  $P_3$  szinten, az 1000 kg/ha  $P_2O_5$ /5 év adag esetében.

A P % mellett a Zn tartalom meghatározása újabb információt adhat a termésnövekedés okainak megállapításához. Jones (1973) illetve Bergmann és Neubert (1976) Zn-határértékei 15-24 mg/kg-ig alacsony, 25-100 mg/kg-ig kielégítő, 101-150 mg/kg-ig magas Zn ellátottságot mutatnak. A P-trágyázás hatására gyakran süllyedt a kukoricalevél Zn-tartalma a "kielégítő" szintről az "alacsony" ellátottságba, míg a Zn trágyázás hatására újra a "kielégítő" szintre emelkedett.

A virágzáskori levél P/Zn arány 60-310 között változott 1980-ban, 50-220 között a 10 év átlagában. A 250 fölötti P/Zn arány már termésnövekedéshez vezetett a hűvös tavaszú 1980. évben. A P/Zn arány és a termés kapcsolatának értelmezéséhez nem elegendő önmagában az arányt ismernünk, a P és Zn tartalom abszolút értékei további információt rejtenek (11. táblázat).

11. táblázat: A P és Zn trágyázás hatása a 6 leveles légszáraz kukorica P/Zn arányára

Kezelés	Zn0	Zn20	Zn40	SzD <sub>5%</sub>	Átlag
I. ciklus, 1978-1982. (MvSC 580)					
P0	63	45	40		49
P100 évente	84	63	57		68
P500/5 év	89	61	61	10	71
P1000/5 év	116	84	70		90
Átlag	88	63	57	5	6
Kezelés	Zn0	Zn30	Zn60	SzD <sub>5%</sub>	Átlag
II. ciklus, 1983-1987. (Pi 3901)					
P0	99	59	46		68
P100 évente	138	73	66		92
P500/5 év	144	73	66	14	94
P1000/5 év	218	78	74		123
Átlag	150	71	63	7	94
Kezelés	Zn0	Zn20	Zn40	SzD <sub>5%</sub>	Átlag
I. ciklus, 1978-1982. (MvSC 580)					
P0	68	58	52		59
P100 évente	124	87	75		95
P500/5 év	161	110	87	14	119
P1000/5 év	207	122	90		140
Átlag	140	94	76	7	103
Kezelés	Zn0	Zn30	Zn60	SzD <sub>5%</sub>	Átlag
II. ciklus, 1983-1987. (Pi 3901)					
P0	76	56	45		59
P100 évente	144	75	62		94
P500/5 év	156	74	66	14	99
P1000/5 év	240	89	74		134
Átlag	154	73	62	7	6

#### 4.2.5. Rövid összefoglalás. Tanulságok

Meszes csernozjom, foszforral és cinkkel eredetileg gyengén ellátott talajon beállított 25 éves kukorica monokultúra kísérletünk tanúsága szerint épp azokban az években tapasztaltunk erőteljesebb, 1,0-1,2 t/ha-os Zn-hatásokat, amely években Zn trágyázás nélkül a kukorica termése csökkent a P-túltrágyázás következtében. A P-forrás szemcsés szuperfoszfát, a Zn  $\text{ZnSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$  volt. Az N és K műtrágyázás szintje azonos volt valamennyi parcellán. A hűvös május-júniusi időjárás általában kedvezett a Zn-hiány fellépésének.

A P0 kezelésben kapott 0,20 % körüli virágzáskori levél P-tartalmak nem kielégítő P-ellátottságról tanúskodtak. A kukorica termése a monokultúra 25 éve alatt nem csökkent. Tendenciájában inkább emelkedett. Utóbbi feltehetően az újabb termesztésbe vont hibrideknek, illetve a növekvő vetett tőszámnak volt köszönhető.

A P-trágyázással általában nagyobb P, Ca, Mg, Mn és Sr tartalom, illetve csökkent Zn-tartalom járt együtt.

A P-trágyázás nem egyszer megduplázta a virágzáskori levél P-tartalmát, egyes években 0,4-0,5 % körüli P %-ot eredményezve, ami már felhívja a figyelmet az esetleges terméseszkénzésre. Zn-trágyázással a P3 szinten a „magas” ellátottságról a „kielégítő”-re csökkent a kukoricalevél P-tartalma, és az „alacsony”-ról a „kielégítő”-re emelkedett a Zn-tartalma.

1980-ban a 150-200 mg/kg AL-  $P_2O_5$  tartalom felett Zn trágyázás nélkül, illetve a 250-et meghaladó virágzáskori levél P/Zn arány mellett 1,0 t/ha-ral csökkent a kukorica termése. A korábban P-ral ill. Zn-vel feltöltött területeken (a „jó” ellátottságon) az újabb feltöltő P ill. Zn műtrágya megkötődése a kezdeti állapothoz képest jóval mérsékeltebb volt.

Általánosságban elfogadhatónak tekintjük azt az irodalomban gyakran hangoztatott irányelvet, hogy cinkigényes növény alá minden 100 kg  $P_2O_5$  műtrágyázás 4-5 kg Zn trágyázást igényelhet meszes, mind P-ral, mind Zn-vel gyengén ellátott talajon a kiegyenlített P/Zn ellátás biztosítása céljából. Cinkkel gyengén ellátott, foszforral már feltöltött meszes talajokon ( $\geq 250$  mg/kg AL-  $P_2O_5$  tartalomnál) kukorica, szója, len, bab növények alá a P-trágyázás időszakos szüneteltetése mellett a Zn trágyázás indokolt lehet.

---

## II. A nitrogén, a réz és a molibdén közötti kölcsönhatások vizsgálata

---

### 1. Tenyészedény kísérlet homoktalajon 1982-ben

Ismert, hogy a réz segíti a fehérjék és szénhidrátok szintézisét, növeli a levelek klorofill tartalmát, javítja a termés minőségét, és ellenállóbbá teszi a növényt a szárazsággal és betegségekkel szemben. Rézhiányt a laza homok- és láptalajokon tapasztaltak először. Így pl. hazánkban a keszthelyi és izsáki lápon ismerték fel először a Cu-trágyázás kedvező hatását. Az újabban megfigyelhető Cu-hiányok gyakran nem annyira geológiai okokkal (talajképző kőzet) magyarázhatók, hanem a jelenkori intenzív talajhasználat következményei. A viszonylag sok N-műtrágyát használó gabonatermesztő üzemekben már néhány évtizeddel ezelőtt észlelték a Cu-igényes kalászos kultúrák Cu-tartalmának jelentős csökkenését. Az irodalmi adatok szerint a Cu-hiány fellépését a hosszan tartó szárazság és részben a magas pH, illetve a talaj magas mésztartalma is elősegítheti (*Tisdale és Nelson 1966, Mengel 1976, Bergmann 1979*).

Gabonatermelésünk jövője szempontjából, véleményünk szerint, különös fontosságúvá válhat kalászos kultúránk Cu-tápláltságának szabályozása. Mint ismeretes, Nyugat- és Észak-Európa legtöbb országában a mezőgazdaságilag hasznosított terület jelentős részét rét és legelő, sőt a szántó nagyobb része is gyakran a takarmánytermelést, az állattenyésztést szolgálja. Hazánk éghajlata kontinentálisabb, földhasznosításunkban a szántóművelés uralkodik, árugabona-termelés túlsúlyával. Ebből adódóan:

- az árugabona-termeléssel elsősorban a N, P, Zn és Cu körforgalma válik nyitottá az üzemekben, a N és P mintegy 2/3-a, a Zn és Cu fele a szemben akkumulálódik (*Kádár et al. 1982, Szemes et al. 1982*).

- A szántó kalászosokkal való telítettsége, a gabona-monokultúra jelentősen növeli a fajlagos műtrágyaigényt az egyoldalú talajhasználat miatt (*Kádár 1977*).
- Az állattenyésztés súlya kisebb, részben elvált a növénytermesztéstől. Az összes ásványi tápanyagforgalomnak (N, P, K) mindössze 15-20 %-át fedezzük országosan istállótrágyával. Nyugat-Európa számos országában ez az arány ma is 50-60 % körüli (*Kádár 1977*). Az árugabona-termelést szolgáló tábláink zöme gyakorlatilag csak NPK-műtrágyázásban részesül. A rendszeres istállótrágyázás elejét veszi a mikroelem hiányoknak, mert jelentős mennyiségű mikroelemet tartalmaz, a növényi szükségletnek megfelelő arányban.
- Az újabb fajták és agrotechnikai eljárások egyre nagyobb termések elérésé teszik lehetővé. A 8-10 t/ha gabona-szemtermések N-igénye e viszonyok között már 200-300 kg N/ha adagolását feltételezi évenként bizonyos talajokon, hatványozott Cu-igénnyel párosulva.
- A közelmúltban végzett reprezentatív országos felméréseink (*Kádár et al. 1983*), valamint a FAO által végzett, és egységes talaj- és növényvizsgálatokra alapozott összehasonlító elemzések alapján arra következtethetünk (*Sillanpää 1982*), hogy pl. a „magyar” búzák, kalászosaink a világ legjobban műtrágyázott – elsősorban N-nel ellátott – növényei közé tartoznak az 1980-as években.

Fentiekre tekintettel fontosnak tartottuk a N és Cu közötti kölcsönhatások kísérletes vizsgálatát megkezdni meszes csernozjom és homoktalajokkal.

#### Anyag és módszer

Duna-Tisza közti meszes homoktalajjal beállított tenyészedény-kísérletben, 1982-ben vizsgáltuk a talaj eltérő N- és Cu-ellátottságának hatását a tavaszi árpa (I. növedék), valamint a köles (II. növedék) szárazanyaghozamára és tápanyagfelvételére. A növényeket 1-1,5 hónapos tenyészidő végén, bokrosodásban takarítottuk be. A műtrágyák talajba keverését követően a vetés előtt, valamint az első és a második növedék vágása után átlagmintákat vettünk az edények talajaiból. A talajmintákban meghatároztuk a KCl-oldható  $\text{NH}_4\text{-N}$  és  $\text{NO}_3\text{-N}$  mennyiségét t, valamint az ammónium-acetát+EDTA oldható Cu-tartalmakat *Lakanen és Erviö (1971)* módszerével. A főbb talajtulajdonságok jellemzésére előző fejezetben már kitértünk, ezért csak annyit jegyzünk meg, hogy a felhasznált talaj nitrogénnel gyengén, rézzel kielégítően ellátottnak minősült a hazai szaktanácsadásban elfogadott módszerek alapján.

Kísérletünkben főparcellánként 4 N-ellátottsági szintet alakítottunk ki (gyenge, közepes, jó és káros) 0, 200, 400, 600 mg N/kg talaj adagok alkalmazásával. Minden N-ellátottsági szinten 0, 4, 8, 12 mg Cu/kg talaj adagokkal Cu-trágyázást végeztünk. A kezelések száma tehát 16, az összes edények száma 64 volt a 4 ismétléssel, split-plot elrendezésben. Az edényeket 1,8 kg talajjal töltöttük meg. Az egész kísérletben egységesen alaptrágyaként 200 mg elemi P- és 400 mg elemi K-hatóanyagot adtunk 1 kg talajra. A P, K és a Cu teljes mennyiségét, valamint a N 1/3-át vetés előtt kevertük a talajba, míg a N-adagok fennmaradó részét a kelés utáni 2., illetve 4. hét után fejtrágyaként juttattuk ki. A tápanyagokat  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4) \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$  és  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  formájában alkalmaztuk.

## A kísérleti eredmények megvitatása

Műtrágyázás hatását a talaj könnyen felvehető N- és Cu-tartalmára az *I. táblázatban* mutatjuk be. Az adatokból látható, hogy a talajba keverést követően, vetés előtt, az  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ -formában adott N egy része  $\text{NH}_4$ -formában található a talajban. Az I. növedék betakarításakor e N-forma mennyisége lecsökkent, és csak a legnagyobb N-adag hatása okozott megbízható növekedést. A  $\text{NO}_3$ -N mennyisége ugyanakkor az I. növedék betakarítását követően nőtt meg, különösen a legnagyobb N-adaggal trágyázott edények talajaiban. Megállapítható, hogy a felhasznált N-nek mintegy 1/6-a mutatható ki átlagosan a talajban  $\text{NO}_3$ -N formában.

Az adott Cu-trágya csaknem teljes mennyisége könnyen oldható formában maradt a talajban. A talajba keverés után közvetlenül meghatározott értékek lényegesen nem tértek el a későbbi időpontban mértéktől. A  $\text{CuSO}_4$ -formában adott Cu megkötődésével, talajkémiai szempontból, tehát nem kell számolnunk (*I. táblázat*).

**I. táblázat:** Műtrágyázás hatása a talaj könnyen oldható N- és Cu-tartalmára a mintavétel idejének függvényében

Kezelés	vetés előtt		I. termés után		II. termés után		Átlag	
N, Cu szint	ppm	%	ppm	%	ppm	%	ppm	%
KCl-oldható $\text{NH}_4$ (Cu-kezelések átlagában)								
N <sub>0</sub>	7,5	100	6,6	100	8,4	100	7,5	100
N <sub>200</sub>	14,0	187	6,6	100	9,3	111	10,0	133
N <sub>400</sub>	17,5	233	7,4	112	10,2	121	11,7	156
N <sub>600</sub>	20,8	277	9,5	144	10,4	124	13,6	181
SzD <sub>5%</sub>	2,3	31	1,6	24	1,6	19	2,0	27
Átlag	15,0		7,5		9,6		10,7	
KCl-oldható $\text{NO}_3$ (Cu-kezelések átlagában)								
N <sub>0</sub>	3,4	100	5,0	100	9,0	100	5,8	100
N <sub>200</sub>	18,4	541	12,6	252	23,0	256	18,0	310
N <sub>400</sub>	36,1	1062	49,7	994	46,9	521	44,2	762
N <sub>600</sub>	50,7	1491	101,2	2024	49,2	547	67,0	1155
SzD <sub>5%</sub>	4,4	129	15,5	310	6,0	67	8,8	152
Átlag	27,2		42,1		32,0		33,8	
KCl+EDTA-oldható-Cu (N-kezelések átlagában)								
Cu <sub>0</sub>	2,6	100	2,6	100	2,7	100	2,6	100
Cu <sub>4</sub>	5,4	208	5,2	200	5,2	193	5,3	204
Cu <sub>8</sub>	8,6	331	8,3	319	7,8	289	8,2	315
Cu <sub>12</sub>	12,8	492	11,8	454	10,9	404	11,8	454
SzD <sub>5%</sub>	1,0	38	1,0	38	0,8	30	0,8	31
Átlag	7,4		7,0		6,6		7,7	

A N-trágya első adagja többszörösére növelte az I. növedék tavaszi árpa szárazanyaghozamát, a második adag (400 mg N/kg talaj) hatására a hajtás hozama bizonyíthatóan tovább nőtt, míg a gyökér tömege már megbízhatóan csökkent. A legnagyobb N-adag egyértelműen termésnövekedéshez vezetett, mind a föld feletti, mind a föld alatti szervekben (2. táblázat).

A második növedék vetése előtt az egész kísérletben egységesen 100 mg N/kg talaj N-adaggal trágyáztunk, hogy a N<sub>0</sub> edényekben is biztosítsuk a növényállomány fejlődését. A köles jelzőnövény gombával fertőzötté vált, különösen a N-nel jól ellátott edényekben. A növényállomány mérgezési tüneteket mutatott, ami elszáradáshoz is és a növények részleges kipusztulásához vezetett. A N-trágyázás, illetve –túltrágyázás hatására a termés 1/7-ére csökkent (2. táblázat).

2. táblázat: Műtrágyázás hatása a bokrosodáskori tavaszi árpa és a köles szárazanyag-hozamára g/edény

Cu-szintek	N <sub>0</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	SzD <sub>5%</sub>	Átlag
Cu <sub>0</sub>	1,63	5,24	5,68	4,20		4,19
Cu <sub>4</sub>	1,49	5,86	5,41	4,31	0,64	4,27
Cu <sub>8</sub>	1,44	5,10	5,59	4,39		4,13
Cu <sub>12</sub>	1,52	5,07	5,40	4,79		4,20
SzD <sub>5%</sub>			0,44			0,22
Átlag	1,52	5,32	5,52	4,42	0,52	4,20
Cu <sub>0</sub>	1,38	2,21	1,80	1,12		1,63
Cu <sub>1</sub>	1,22	2,21	1,83	0,98	0,49	1,56
Cu <sub>2</sub>	1,14	2,42	1,80	1,19		1,64
Cu <sub>3</sub>	1,27	2,28	1,88	1,40		1,71
SzD <sub>5%</sub>			0,44			0,22
Átlag	1,25	2,28	1,83	1,17	0,31	1,64
Cu <sub>0</sub>	5,57	4,86	2,29	0,28		3,25
Cu <sub>1</sub>	5,47	4,28	0,42	1,78		2,99
Cu <sub>2</sub>	5,67	3,27	1,34	0,60	1,45	2,72
Cu <sub>3</sub>	6,02	3,92	1,02	0,46		2,86
SzD <sub>5%</sub>			1,39			0,70
Átlag	5,68	4,05	1,27	0,78	0,81	2,96

A viszonylag egészségesnek tekinthető I. növedékű tavaszi árpa %-os N-tartalma többszörösére nőtt a talaj N-ellátottságának emelkedésével. Mint az adatokból látható, a már nemkívánatos (részben termésnövekedéshez vezető) N-túlsúlyt a növény úgy próbálta ellensúlyozni, hogy 2-3-szorosára növelte a Ca felvételét. A beteg, mérgezett, II. növedékű köles N-koncentrációja nem nőtt meg látványosan, inkább a Ca %-os tartalmának ugrásszerű emelkedése (már az első, illetve a második N-adag hatására) utal arra, hogy feltehetően a mérgező NO<sub>3</sub><sup>-</sup> -túlsúly, az



anion túlsúly ellensúlyozását szolgálja az „abnormális” mennyiségű Ca beáramlása a növénybe. A Ca mellett más kationok koncentrációja is megnőtt a N-mérgezés következtében, így pl. a K-, Mg-, Na-, Fe és Mn-elemeké (3. táblázat).

A N-ellátás javulásával mindkét növény föld feletti hajtásának Cu-tartalma szinte lineárisan csökkent, átlagosan mintegy az eredeti koncentráció felére. A kísérletünkben alkalmazott (irodalomban általában javasolt) legnagyobb adagú Cu-trágyázással sem tudtuk a N indukálta Cu-csökkenést teljesen ellensúlyozni. A réz a gyökérben akkumulálódik. A tavaszi árpa gyökerének példáján látható, hogy a Cu koncentrációja közel megduplázódott a nitrogénnel gyengén ellátott edényekben, míg a N-nel jól ellátottakon 3-4-szeresére emelkedett. A rezet tehát a növény gyökereivel felvette, azonban a hajtásba nem továbbította (2. táblázat).

3. táblázat: Műtrágyázás hatása a bokrosodáskori tavaszi árpa és a köles Cu-tartalmára, mg/kg

Cu-szintek	N <sub>0</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	SzD <sub>5%</sub>	Átlag
Cu <sub>0</sub>	8,6	7,0	5,2	3,9		6,2
Cu <sub>4</sub>	8,7	8,2	6,3	3,9	1,6	6,8
Cu <sub>8</sub>	9,6	8,0	6,3	4,6		7,1
Cu <sub>12</sub>	8,5	8,4	7,0	6,5		7,6
SzD <sub>5%</sub>			1,6			0,8
Átlag	8,9	7,9	6,2	4,7	0,8	6,9
Cu <sub>0</sub>	26,4	22,0	23,3	24,7		24,1
Cu <sub>1</sub>	31,2	42,6	39,6	41,3	7,5	38,7
Cu <sub>2</sub>	39,3	62,7	55,1	65,1		55,6
Cu <sub>3</sub>	45,4	81,0	65,5	74,1		66,5
SzD <sub>5%</sub>			8,4			4,2
Átlag	35,6	52,1	45,8	51,4	3,3	46,2
Cu <sub>0</sub>	8,4	6,5	7,6	5,4		7,0
Cu <sub>1</sub>	8,6	7,0	8,1	6,1	2,0	7,4
Cu <sub>2</sub>	9,9	8,2	7,8	4,0		7,5
Cu <sub>3</sub>	10,6	7,7	9,9	3,3		7,9
SzD <sub>5%</sub>			2,1			1,0
Átlag	9,4	7,3	8,3	4,7	0,9	7,4

### Összefoglalás

A vizsgált meszes homoktalajon az NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>-formában adott N hatására elsősorban a talajok KCl-oldható NO<sub>3</sub>-tartalma nő meg, míg a kicserélhető NH<sub>4</sub>-tartalom kevésbé változik. A tenyészedény-kísérlet kedvező hő- és csapadékviszonyai között a nitrifikáció gyorsan lefolyhat, és az NH<sub>4</sub>-tartalom NO<sub>3</sub>-tá alakulhat.

Az I. növedékkü tavaszi árpa bokrosodáskori szárazanyaghozama többszörösére nőtt a közepes N-adagok hatására, míg a legnagyobb, 600 mg N/kg talaj adaggal

végzett trágyázás termésdepressziót okozott. A II. növedékű (nyári vetésű) köles hozamát a N-adagok csaknem lineárisan, az eredeti súly 1/5-ére csökkentették, erős gombafertőzés lépett fel. A nagyadagú N-trágyázással nőtt a növények összes N-tartalma, valamint általában ezzel együtt kifejezetten nőtt a legtöbb kation koncentrációja is.

Az adott Cu-trágya csaknem teljes mennyiségben kimutatható volt könnyen oldható formában a talajban. A hozamokat a Cu-trágyázás nem befolyásolta, azonban a Cu-felvételét – különösen a gyökérben – elősegítette a N-nel jól ellátott talajon. A réz elsősorban a gyökérben akkumulálódott, a hajtásba történő transzport gátolt.

Gazdálkodásunk jelenlegi viszonyai között a Cu-igényes kalászosok Cu-ellátására nagyobb gondot kell fordítanunk. A MÉM NAK, illetve a hazai szaktanácsadás által e talajokra javasolt 3-5 kg Cu/ha mérsékelt trágyázással, egyszeri alkalmazás esetén, feltehetően lényegesen nem javítható a növények Cu-ellátása. További vizsgálatok szükségesek ahhoz, hogy a Cu-trágyázás szükségességét szabadföldi viszonyok között igazoljuk. (4. táblázat)

**4. táblázat: Műtrágyázás hatása a tavaszi árpa és a köles tápelemtartalmára**

Tápelemek	N <sub>0</sub>	N <sub>200</sub>	N <sub>400</sub>	N <sub>600</sub>	SzD <sub>5%</sub>	Átlag
Tavaszi árpa (hajtás)						
N%	1,18	3,51	4,38	5,16	0,21	3,56
K%	3,80	5,26	5,06	4,80	0,29	4,74
P%	0,73	0,40	0,39	0,38	0,03	0,48
Ca%	0,44	0,50	0,73	1,24	0,12	0,72
Mg%	0,27	0,17	0,17	0,19	0,04	0,20
Na%	0,18	0,18	0,24	0,35	0,05	0,24
Fe ppm	282	154	122	187	34	186
Mn ppm	39	34	37	40	3	37
Zn ppm	22	19	18	20	2	20
Cu ppm	9	8	6	5	1	7
Tavaszi árpa (gyökér)						
N%	1,36	2,54	2,85	3,31	0,25	2,51
K%	1,28	1,84	2,04	2,07	0,16	1,81
P%	0,29	0,35	0,35	0,40	0,04	0,35
Ca%	0,76	1,40	1,24	1,28	0,12	1,17
Mg%	0,20	0,26	0,32	0,28	0,04	0,27
Na%	0,24	0,35	0,33	0,33	0,05	0,31
Fe%	0,22	0,26	0,25	0,24	0,04	0,24
Mn ppm	104	122	135	148	19	127
Zn ppm	29	24	29	32	4	28
Cu ppm	36	52	46	51	4	46

4. táblázat (folyt.): Műtrágyázás hatása a tavaszi árpa és a köles tápelemtartalmára

Tápelemek	N <sub>0</sub>	N <sub>200</sub>	N <sub>400</sub>	N <sub>600</sub>	SzD <sub>5%</sub>	Átlag
Köles (hajtás)						
N%	2,44	3,06	3,24	3,01	0,13	2,98
K%	3,88	4,04	3,98	4,03	0,31	3,98
P%	0,20	0,22	0,21	0,23	0,04	0,22
Ca%	0,51	0,82	1,47	1,23	0,15	1,01
Mg%	0,35	0,48	0,49	0,48	0,04	0,45
Na%	0,13	0,19	0,37	0,42	0,05	0,28
Fe ppm	269	224	491	866	267	463
Mn ppm	35	36	50	54	8	44
Zn ppm	23	21	27	28	6	25
Cu ppm	9	7	8	5	1	7

## 2. Tenyészedény kísérlet csernozjom talajon 1982-ben

A viszonylag sok N műtrágyát használó gabonatermesztő üzemekben már néhány évtizeddel ezelőtt észlelték a Cu igényes kalászosok Cu tartalmának csökkenését (Voisin, 1964). Az irodalmi adatok szerint a Cu-hiányok fellépését a hosszan tartó szárazság és részben a magas pH, illetve a talaj magas mésztartalma is elősegítette (Bergmann 1983, Tisdale és Nelson 1966, stb.).

Az újabb fajták és agrotechnikai eljárások egyre nagyobb termések elérését teszik lehetővé Magyarországon is. Az élenjáró üzemekben tervezett 8-10 t/ha gabona szemtermések N-igénye e viszonyok között már 200-300 kg/ha N adagolását is feltételezi, hatványozott Cu igénnyel párosulva. A közelmúltban végzett reprezentatív országos felméréseink (Kádár et al. 1983), valamint a FAO által koordinált összehasonlító vizsgálatok eredményeiből (Sillanpää 1982) arra következtethetünk, hogy pl. a magyar búzafajták világviszonylatban is a legjobban műtrágyázott, elsősorban N-nel ellátott és gyakran túltrágyázott növényei közé tartoznak. Az említettekhez járul még, hogy az árugabona termelést szolgáló táblák zöme túlnyomóan csak NPK-műtrágyázásban részesül, pedig a rendszeres istállótrágyázás elejét vehetné a mikroelemhiányoknak.

Magyarországon kevés tapasztalattal rendelkezünk a tekintetben, hogy a talajok javuló N-ellátottsága, illetve a N túltrágyázás milyen mértékben befolyásolhatja a főbb kalászos növények Cu tartalmát, illetve az így előálló esetleges Cu koncentráció csökkenés milyen mérvű Cu trágyázással ellensúlyozható. A N és Cu trágyázás közötti összefüggéseket egységes kísérleti metodikával tenyészedénykísérletekben tanulmányoztuk, meszes talajainkon, ahol a mikroelemek felvehetősége egyébként is korlátozott. A meszes homoktalajjal végzett kísérletek főbb eredményeit a közelmúltban közzeltük (Kádár és Shalaby 1983).

## A kísérlet módszere

Tenyészedenykísérletünket 1982 tavaszán állítottuk be tavaszi árpával (*Hordeum distichon* var. *nutans* Schübl.), majd megismételtük nyári vetésű köles (*Panicum miliaceum* L.) jelzőnövényvel. A növényeket bokrosodás vége stádiumig kb. 25-30 cm magasságig neveltük, majd edényenként meghatároztuk azok hajtásának és gyökerének súlyát és ásványi tápelemtartalmát 10 elemre. Az egyes edények 1,8 kg talajt tartalmaztak. A műtrágyák talajba keverését követően vetés előtt, majd az első és a második vetés betakarítása után átlagmintákat vettünk az edények talajaiból. A talajmintákból meghatároztuk a KCl-oldható  $\text{NH}_4\text{-N}$  és  $\text{NO}_3\text{-N}$  mennyiségét, valamint az ammónium acetát + EDTA oldható Cu tartalmát.

A vizsgált mészlepedékes vályogos csernozjom talaj az alábbi tulajdonságokkal jellemezhető: leiszapolható rész 40 %; pH( $\text{H}_2\text{O}$ ) 7,7; pH(KCl) 7,3; humusz 3,4 %;  $\text{CaCO}_3$  7 %, Al- $\text{P}_2\text{O}_5$  és Al- $\text{K}_2\text{O}$  120-120 mg/kg, KCl-Mg 120 mg/kg, KCl+EDTA Mn 150, Fe 50, Cu 3-4, Zn 2-3 mg/kg.

A talajvizsgálatok alapján e talaj igen jó mangán, kielégítő Mg és Fe, közepes Cu, valamint gyenge P és Zn ellátottságúnak tekinthető.

Kísérletünkben 4 N és N Cu ellátottsági szintet, valamint azok összes kombinációját hoztuk létre  $4 \times 4 = 16$  kezeléssel 4 ismétlésben, azaz összesen 64 edénnyel. Az adagolt tápelemek mennyiségeit és azok formáit az 1. táblázat tartalmazza. A P, K és a Cu teljes mennyiségét, valamint a N 1/3-át vetés előtt kevertük a talajba. A N adagok fennmaradó részét kelés után a 2., illetve a 4. hét után fejtrágyaként juttattuk ki. A második növedékű köles vetése előtt az egész kísérletben egységesen 100 mg N/kg talajra adaggal trágyázást végeztünk, hogy a N kontroll edényekben is a növényállomány megfelelő fejlődését biztosítsuk.

1. táblázat: A kísérletben alkalmazott tápelemek formái és mennyiségei (1982)

Elem Jele	Adag mg/talaj kg				Műtrágya Formája
	0	1	2	3	
N	0	400	800	1200	$\text{NH}_4\text{NO}_3$
Cu	0	4	8	12	$\text{CuSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
K	400	400	400	400	$\text{K}_2\text{SO}_4$
P	200	200	200	200	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$

## Kísérletek értékelése

A Cu trágyázás a hozamokat nem befolyásolta, ezért az eredményeinket a Cu kezelések átlagaiban mutatjuk be. Amint a 2. táblázatból látható, a viszonylag kis hozamok N igényét e humuszos csernozjom talaj trágyázás nélkül is biztosította, illetve a N túltrágyázás mindkét növény hozamának csökkenését okozta. A természsökkenés százalékos mértéke az első vetésű árpa hajtásán közel 30, míg a gyökéren 70 %-ot tett ki. A N-túltrágyázás káros hatása tehát elsősorban a gyökéren

jelentkezett, a gyökérre hárult a „védelmi funkciók” nagyobb része. Erre utal a hajtás/gyökér arányának megváltozása.

A N túltrágyázás nyomán a növények erősen gombafertőzötté váltak, a nagyobb N adagú edényekben gyakorlatilag a teljes állományban kimutatható volt a *Helminthosporium oríze* gomba jelenléte. A nyári vetésű köles fejlődéséhez a körülmények még rosszabbak voltak (hőség, erős N túlsúly, fertőzés), így a N túltrágyázás hatása, a hozamcsökkenés még kifejezettebb.

A talajok könnyen felvehető N és Cu tartalmának alakulásáról a 3. táblázat tájékoztat. Az  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  formában adott N egy része vetés előtt, a talajba keverést követően még  $\text{NH}_4$  formában található. Az első, illetve a második növedék betakarítását követően ez a N-forma lecsökkent a talajban. A  $\text{NO}_3\text{-N}$  mennyisége ugyanakkor az első növedék betakarítását követően nőtt meg, különösen a legnagyobb N adaggal trágyázott edények talajaiban. Megállapítható, hogy a felhasznált N mintegy 1/3-a mutatható ki átlagosan a talajban ásványi N ( $\text{NO}_3 + \text{NH}_4$ ) formában. Korábbi vizsgálataink szerint e talajban a fixált  $\text{NH}_4$  mennyisége sem nő meg jelentősen N trágyázás hatására (Pusztai és Kádár 1980), alaposan feltételezhető tehát, hogy a ki nem mutatható N nagy része a mikrobiális immobilizációra vezethető vissza. Erre utalnak az itt nem részletezett cellulózbontó aktivitás méréseinek adatai is. Az elbomlott cellulóz mennyisége 35 %-ról 47 %-ra emelkedett a N trágyázás hatására, a kontrollhoz viszonyítva. A talajba adott Cu trágya csaknem teljes mennyisége ugyanakkor könnyen oldható formában maradt. A talajba keverés után meghatározott EDTA-Cu tartalom lényegesen nem csökkent az idő folyamán. A  $\text{CuSO}_4$  formájában adott Cu jelentősebb megkötődésével talajon, talajkémiai szempontból nem kellett számolnunk (3. táblázat).

2. táblázat: A N műtrágyázás hatása a bokrosodáskori tavaszi árpa és a köles szárazanyaghozamára a Cu szintek átlagában

Száraz Anyag	N-kezelések				SzD <sub>5%</sub>	Átlag
	N <sub>0</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>		
Árpa hajtás						
g/edény	4,84	4,64	3,69	3,50	0,47	4,17
%	100	96	76	72	10	
Árpa gyökér						
g/edény	1,61	1,25	0,83	0,49	0,23	1,05
%	100	78	52	30	14	
Árpa hajtás és gyökér aránya						
g/edény	3,0	3,78	4,4	7,1		4,0
%	100	124	148	238		
Köles hajtás						
g/edény	5,67	3,75	1,58	1,13	0,86	3,03
%	100	66	28	20	15	

3. táblázat: Műtrágyázás hatása a talaj könnyen oldható N és Cu tartalmára a mintavétel idejének függvényében

Kezelések	Vetés előtt		Első növedék után		Második növedék után	
N, Cu szint	ppm	%	ppm	%	ppm	%
KCl –oldható NH <sub>4</sub> - N (Cu kezelések átlagai)						
N <sub>0</sub>	14,1	100	10,7	100	9,4	100
N <sub>1</sub>	30,2	214	16,7	156	11,4	121
N <sub>2</sub>	40,0	284	26,3	246	12,2	130
N <sub>3</sub>	57,8	410	39,4	368	19,7	210
SzD <sub>5%</sub>	10,4	74	16,3	152	9,6	102
Átlag	35,5		23,3		13,2	
KCl –oldható NO <sub>3</sub> - N (Cu kezelések átlagai)						
N <sub>0</sub>	58	100	33	100	10	100
N <sub>1</sub>	95	164	149	452	121	1210
N <sub>2</sub>	118	203	257	779	148	1480
N <sub>3</sub>	149	257	337	1021	324	3240
SzD <sub>5%</sub>	15	26	41	124	65	650
Átlag	105		194		151	
KCl+EDTA-oldható Cu (N kezelések átlagai)						
Cu <sub>0</sub>	2,7	100	2,9	100	2,8	100
Cu <sub>1</sub>	5,4	200	5,3	183	5,0	179
Cu <sub>2</sub>	8,1	300	8,2	283	8,4	300
Cu <sub>3</sub>	13,0	481	11,1	383	9,8	350
SzD <sub>5%</sub>	1,9	70	0,6	21	0,6	21
Átlag	7,3		6,9		6,5	

A növények tápelemösszetételének változását N trágyázás hatására a 4. táblázatban tanulmányozhatjuk. A Cu trágyázás a legtöbb elem felvételét nem befolyásolta, ezért adatainkat a Cu kezelések átlagaiban tüntettük fel. A tavaszi árpa hajtásában jelentősen nőtt a N, valamint a Ca, Mg, Na és kisebb mértékben a P koncentrációja. A NO<sub>3</sub> anion kínálata, mint ismeretes segíti a legtöbb kation felvételét. A Ca tartalom erős növekedése bizonyos védekezési mechanizmust is tükrözhet (Mengel 1976), amennyiben a N mérgezés ellensúlyozását, a detoxikálást is szolgálhatta. A gyökér összetételében ezek a változások kevésbé kifejezettek, sőt a Ca tartalom a N trágyázással egy ideig csökkenő, a kationok a hajtás védelmére mobilizálódnak. A már erősen mérgező, legnagyobb adagú N trágyázással ismét nőtt a gyökerek Ca tartalma, és kifejezetten csökkent a mikroelemek koncentrációja (Fe, Mn, Zn, Cu).

A köles hajtásának összetétele lényegében a tavaszi árpánál elmondottakat követte. Ahol az erős N mérgezés hatására a hozam 1/4-1/5-ére csökkent a Ca koncentrációja 4-5-szörösére nőtt. Statisztikailag is igazolható növekedés következett be a Na, Fe, Mn, Zn és Cu tartalomban is. Az árpa földfeletti hajtásának és

gyökerének átlagos összetételét vizsgálva konstatálható, hogy a gyökér N és K koncentrációja alacsonyabb, míg a mikroelemek koncentrációi minden esetben a gyökérben a magasabbak:

1) az átlagos Zn tartalom mintegy 40 %-kal nagyobb; 2) a Mn több mint kétszeres; 3) a Cu közel 4, míg a Fe tartalom mintegy 11-szerese a hajtásénak.

**4. táblázat: Az N-kezelés hatása a növények összetételére**

Elemek jele	N-szintek (Kezelések)				SzD <sub>5%</sub>	Átlag
	N <sub>0</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>		
Tavaszi árpa hajtás						
N%	3,07	3,86	4,50	5,33	0,30	4,19
K%	5,07	5,19	4,99	4,98	0,27	5,04
P%	0,28	0,29	0,29	0,32	0,02	0,29
Ca%	0,61	0,93	1,52	2,02	0,09	1,17
Mg%	0,16	0,17	0,18	0,20	0,01	0,18
Na%	0,32	0,37	0,47	0,52	0,02	0,42
Fe ppm	149	122	113	252	91	159
Mn ppm	53	54	50	50	8	52
Zn ppm	14	15	16	18	4	16
Cu ppm	8	6	4	6	2	6
Tavaszi árpa gyökér						
N%	2,45	2,80	3,30	3,52	0,42	3,02
K%	2,11	2,29	2,17	1,75	0,29	2,08
P%	0,31	0,28	0,31	0,38	0,04	0,32
Ca%	1,30	0,83	0,82	1,25	0,12	1,05
Mg%	0,21	0,20	0,26	0,29	0,05	0,24
Na%	0,45	0,43	0,46	0,44	0,05	0,44
Fe%	0,24	0,18	0,18	0,12	0,06	0,18
Mn ppm	131	130	162	88	29	128
Zn ppm	24	24	25	15	2	22
Cu ppm	22	24	26	15	6	22
Köles hajtás						
N%	2,08	3,24	3,30	3,43	0,48	3,02
K%	3,77	3,92	3,99	3,88	0,47	3,89
P%	0,23	0,23	0,21	0,20	0,03	0,22
Ca%	0,38	0,79	1,81	1,94	0,40	1,23
Mg%	0,42	0,46	0,44	0,44	0,05	0,44
Na%	0,16	0,18	0,36	0,38	0,07	0,27
Fe ppm	228	185	367	319	82	275
Mn ppm	50	59	61	71	6	60
Zn ppm	18	26	30	32	10	27
Cu ppm	5	6	7	8	2	7

A N és a Cu trágyázás közötti kölcsönhatásokat az 5. táblázatban tanulmányozhatjuk a N és a Cu tartalom példáján. Az átlagos N tartalom nemcsak a N trágyázással emelkedett, hanem a Cu ellátás javulásával is mindkét növény hajtásában. A Cu trágyázás ugyanakkor elsősorban a gyökerek Cu tartalmát befolyásolta. Az árpa az adagolt Cu egy részét felvette, azonban a hajtásba nem továbbította, a növényen belüli transzport gátolt volt. A gyökerek Cu tartalma egy ideig nőtt a N trágyázással, majd a már pusztuló növényzet gyökereiben koncentrációja ismét lesüllyedt mintegy 30-40 %-kal minden kezelésben.

5. táblázat: A N és Cu trágyázás hatása a tavaszi árpa és a köles N és Cu tartalmára

Cu szintek	N-szintek (Kezelések)				SzD <sub>5%</sub>	Átlag	%
	N <sub>0</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>			
N %, Tavaszi árpa hajtás							
Cu <sub>0</sub>	3,09	3,59	4,48	5,09		4,06	100
Cu <sub>1</sub>	3,04	3,78	4,58	5,39	0,36	4,20	103
Cu <sub>2</sub>	3,01	4,02	4,52	5,39		4,24	104
Cu <sub>3</sub>	3,14	4,06	4,39	5,44		4,26	105
SzD <sub>5%</sub>			0,23			0,12	3
Átlag	3,07	3,86	4,50	5,33	0,30	4,19	103
N %, Köles hajtás							
Cu <sub>0</sub>	1,91	3,16	2,90	3,59		2,89	100
Cu <sub>1</sub>	2,04	3,31	3,48	3,26	0,60	3,02	104
Cu <sub>2</sub>	2,07	3,20	3,43	3,32		3,01	104
Cu <sub>3</sub>	2,30	3,28	3,40	3,56		3,14	109
SzD <sub>5%</sub>			0,43			0,21	7
Átlag	2,08	3,24	3,30	3,43	0,48	3,02	104
Cu ppm, Tavaszi árpa gyökér							
Cu <sub>0</sub>	11	17	16	9		13	100
Cu <sub>1</sub>	20	24	24	13	8	20	154
Cu <sub>2</sub>	26	25	30	18		24	185
Cu <sub>3</sub>	30	30	33	19		28	215
SzD <sub>5%</sub>			6			3	23
Átlag	22	24	26	15	6	22	169



## Összefoglalás

A vizsgált meszes csernozjom talajon az  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  formájában adott N hatására elsősorban a talajok KCl-oldható  $\text{NO}_3$  tartalma nőtt meg, míg a kicserélhető  $\text{NH}_4$  mennyisége kevésbé változott. Az  $\text{NH}_4$  rövid idő alatt  $\text{NO}_3$ -tá alakult a nitrifikáció gyorsan lefolyt. A felhasznált összes N mintegy 1/3-a volt csupán ásványi formában kimutatható, feltehetően a mikrobiális immobilizáció következtében. A  $\text{CuSO}_4$  formában adott Cu trágya ugyanakkor könnyen oldható formában maradt a tenyésztő folyamán a talajban.

A Cu trágyázás sem a hozamokat, sem a legtöbb vizsgált elem koncentrációját nem befolyásolta a növényben. Az árpa gyökerei az adagolt Cu egy részét felvették, de a hajtásba a transzport gátolt volt. A N bőség egy bizonyos határig növelte a Cu beáramlását a gyökerekbe, a már erősen mérgező N ellátás hatására azonban a Cu koncentrációja ismét lecsökkent.

A N túl trágyázás hatására az árpa hajtásának hozama mintegy 30, míg a gyökereké 70 %-kal csökkent. A második vetésű köles földfeletti hozama a kontrollhoz viszonyítva 1/5-ére csökkent. A káros  $\text{NO}_3$  túlsúly az ásványi összetételben is tükröződött. Általában erősen nőtt a N és kisebb mértékben a P, valamint a Ca, Mg, Na kationok koncentrációja a hajtásban. A tavaszi árpa gyökereinek átlagos N és K koncentrációja alacsonyabb, míg a mikroelem tartalma jelentősen magasabb volt a hajtásénál. Mintegy 10 ppm Cu adagolásával az árpa gyökereinek Cu tartalma 10-15 ppm értékkel növelhető volt, a hajtás Cu tartalma azonban nem változott.

### 3. Szabadszíriai tartamkísérlet meszes csernozjom talajon

#### 3.1. Általános bevezetés és irodalmi áttekintés

A réz régóta széleskörűen hasznosítjuk, ezért szóródása és akkumulációja nyomon követhető a környezeti elemekben. Komló és szőlő kultúrákban a talajok Cu-készlete a feltalajban akár nagyságrenddel megnőhet a Cu-tartalmú növényvédőszeres tartós használata miatt. Először Franciaországban 1882-ben kezdték a  $\text{CuSO}_4$  5 %-os oldatát alkalmazni gyomirtószerként Bordeaux város közelében, ezért vált „bordói” léként ismertté. Később a 0,1-0,2 %-os oldata is elterjedt mint gombaölő szer. A Cu-toxikózis mérsékelhető szerves trágyázással, meszezéssel, illetve az antagonista P, Fe, Mo elemek bevitelével. A Cu-többletre különösen érzékeny lehet a lucerna, herefélék és a mák (Bowen 1979).

A Cu túlsúlya természetesen kiugró lehet rézbányák közelében, meddőhányókon. Újkori Cu-terhelést jelenthet a sertéstrágya. A sertések takarmányát rézsókkal egészítik ki a jobb takarmányhasznosulás céljából. A takarmány Cu-tartalma elérheti akár a 250 mg/kg értéket. A sertéstrágya Cu-készlete ebből adódóan nagyságrendekkel nőhet, mely a talaj nemkívánatos Cu-terhelését eredményezheti. Saját elemzéseink szerint egy vizsgált sertéshizlalda trágyájában ( $n = 8$ ) 380-530 mg/kg Cu-tartalmat mértünk a szárazanyagban (Kádár 2011).

A Cu hiánya is elterjedt. A gabonafélék tözeges talajon gyakran nem fejlesztenek kalászt. Ez az úgynevezett „művelési betegség”. Felléphet másodlagos vagy indukált

Cu-hiány rétláp talajokon a Mo-felesleg miatt. *Tölgyesi (1965)* vizsgálatai rámutattak, hogy pl. a keszthelyi lápon termett növényekben egyidejűleg fennállhat a Cu hiánya és a Mo többlete. A szervesanyagban gazdag talajok ugyanis Mo-ban is gazdagok, míg a rezet megkötik. Az élettanilag kívánatos 5-10 körüli Cu/Mo arány a takarmányban akár 0,1-0,2 értékre szűkülhet Mo-toxikózist okozva. A legeltetett juh és marha anémiás lápbetegségét a Cu-hiányra, illetve a Mo-bőségre vezetik vissza.

A hazai talajok összes Cu-tartalma 10-110 kg/ha mennyiségre tehető a szántott rétegben *Győri (1984)* adatai alapján, aki 3-38 mg/kg összes Cu-készletet talált eltérő talajokban. Egy nemzetközi FAO felmérésben a hazai talajok (n = 250) NH<sub>4</sub>-acetát+EDTA oldható Cu-tartalma 1-15 mg/kg tartományban ingadozott. Hazánk az 5,4 mg/kg átlagos értékkel a nemzetközi rangsor „középmezőnyében” foglalt helyet. A vizsgált talajokon termett bokrosodáskori búza (n = 144) 8,5 mg/kg, míg a 4-6 leveles korú kukorica hajtása (n = 106) 15,0 mg/kg átlagos Cu-koncentrációt mutatott illeszkedve a nemzetközi középértékhez (*Sillanpää 1982, Kádár 1995*). Megemlíthető, hogy lápi termőhelyek nem voltak képviselve a magyar FAO mintákban.

A mezőföldi mészlepedékes csernozjom vályogtalajon beállított műtrágyázási tartamkísérletünkben a pillangósnélküli gypszéna Cu-tartalma 2,1 mg/kg értékről 4,7 mg/kg értékre nőtt igazolhatóan a N-trágyázással. A PK ellátottsági szintek érdemi hatással nem bírtak a Cu-tartalomra. A Mo koncentrációja ugyanakkor a kontrollon mért 0,44 mg/kg-ról 0,05 mg/kg-ra zuhant az együttes, bőséges NPK-kínálat nyomán. A széna eredeti 5 körüli Cu/Mo aránya így 94 körültre tágult. Tehát a széna relatíve Mo-hiányossá vált az NPK műtrágyázással. Valójában a talaj Mo-készlete nem módosult, csupán a növényi Mo-felvétel szenvedett gátlást. A jelenség tehát talajvizsgálatokkal nem ismerhető meg, csak a növényelemzés tárhatja fel a mechanizmust (*Kádár 2004*).

A N x Cu elemek közötti kölcsönhatásokat tenyészedénykísérletekben is vizsgáltuk meszes homok és vályog talajokkal, árpa és köles jelzőnövénnyel. A CuSO<sub>4</sub> formában adott Cu-terhelést a KCl+EDTA oldható Cu-tartalom jól tükrözte mindkét talajban. A növényi hozamokat a Cu-trágyázás nem befolyásolta. A mintegy 10 mg/kg Cu-adaggal a tavaszi árpa gyökereinek Cu-tartalma vályogtalajon 10-15 mg/kg, homoktalajon 30-40 mg/kg értékkel nőtt meg. A földfeletti hajtás Cu-koncentrációja ugyanakkor nem módosult érdemben, a Cu növényen belüli transzportja gátolt volt. A N-bőség bizonyos határig igazolhatóan növelte a Cu beépülését a gyökerekbe (*Kádár és Shalaby 1984, 1985*).

A Cu közismerten komplexképző tulajdonsággal rendelkezik, a talajkolloidokhoz és a humuszvegyületekhez erősen kötődik. Ezért védett a kilúgzástól a talajban. A kétértékű kationok adszorpciós energiája az alábbi sorrendben csökken: Cu > Pb > Ni > Co > Zn > Ca. A Cu növénybeni mozgása is gátolt, így a tenészedő során fellépő esetleges Cu-hiány a fiatal hajtásokban, levelekben jelentkezik. A Cu szerepet játszik a fehérjeszintézisben. A bőséges N-trágyázáskor a Cu-igény megnő, illetve gyakrabban felléphet a Cu-hiány. Különösen száraz években a Cu-szegény homokos, lápos és az erősen meszes, humuszos talajokon. *Bergmann (1979)* szerint a Cu hiányára fokozottan érzékenyek a kalászos kultúrák és a napraforgó. A növényi felvétel a termésszinttől, növényfajtól és a talaj Cu-kínálatától függően 20-150 g/ha/év mennyiség között változhat.

A Cu biogeokémiai körforgalma gátolt, védett a kimosódástól. *Bowen (1979)* szerint a Cu a talajban átlagosan 26 mg/kg, a felszíni édesvizekben 3 µg/l míg a tengervízben csupán 0,25 µg/liter koncentrációban mutatható ki. Saját méréseink szerint a TIM pontok talajainak talajvízeiben (n = 41) 0,2-20 µg/l, a Balaton vízében 3-5 µg/l, esővíz mintákban 4-20 µg/l Cu-koncentrációt találtunk. A hazai szén vizsgálataink szerint (n = 12) 7-36 mg/kg, míg a budapesti agglomeráció területén közelmúltban gyűjtött szálló por 100-613 mg/kg Cu-tartalmat jelzett. Utóbbi erős szennyezésnek minősül, amennyiben a talajokra megadott szennyezettségi küszöb a hazai szabályozás szerint 75 mg/kg a 10/2000. (VI.2.) rendelet szerint.

Bizonyos talajokon a bőséges P-trágyázás szintén növelheti a Mo növényi felvételét, míg a Cu-felvétel gátlást szenved Cu-hiányt indukálva. A Cu beépülését a kénbőség szintén akadályozhatja, amennyiben a bennőben felvehetetlen CuS keletkezhet. Az előregedő füvek Cu-tartalma is gyakran csökken, mely a jelenséget erősítheti. A műtrágyázás drasztikus beavatkozást jelenthet a talajba és a rajta termő gyepre. A szakszerűtlen és ellenőrizhetetlen műtrágyahasználat katasztrofális következményeire már közel fél évszázaddal ezelőtt rámutatott *Voisin (1965)* Franciaországban. A szerző szerint a talaj-növény- állat-ember sorsa összefügg. A humán civilizációs betegségek sem függetlenek végső soron a műtrágyázás gyakorlatától, nem beszélve a legelő állatnál megfigyelt anyagszere és hiánybetegségekről.

A Cu esszencialitását 1925-ben igazolták először *Pais (1980)* szerint. A Cu hiánya is elterjedt. A gabonafélék tözeges talajon gyakran nem fejlesztenek kalászt. Ez az úgynevezett „művelési betegség”. Felléphet másodlagos vagy indukált Cu-hiány rétláp talajokon a Mo-felesleg miatt. *Tölgyesi (1965)* vizsgálatai rámutattak, hogy pl. a keszthelyi lápon termett növényekben egyidejűleg fennállhat a Cu hiánya és a Mo többlete. A szervesanyagban gazdag talajok ugyanis Mo-ban is gazdagok, míg a rezet megkötik. Az élettanilag kívánatos 5-10 körüli Cu/Mo arány a takarmányban akár 0,1-0,2 értékre szűkülhet Mo-toxikózist okozva. A legeltetett juh és marha anémiás lépbetegségét a Cu-hiányra, illetve a Mo-bőségre vezetik vissza.

A továbbiakban rátérünk a N x Cu közötti kölcsönhatásokat vizsgáló szabadföldi tartamkísérletünk bemutatására. A kísérlet 1988-2002 között folyt, 15 éven át, mészlepedékes csernozjom vályogtalajon, az MTA TAKI Nagyhörcsök Kísérleti Telepén. A növényváltás tavaszi árpa, búza, őszi árpa, kukorica, tritikále, burgonya, zab, rozs, 4 éven át lucerna, repce, mák és napraforgó növényfajokat foglalta magában. A növények termésének meghatározásán túl rendszeresen mértük a növényi szervek és a kísérleti parcellák talajának elemösszetételét is. Az első évben termett tavaszi árpában feltárt N x Cu kölcsönhatásokat korábbi munkánkban mutattuk be. Ugyanitt áttekintettük a talaj-növény Cu-forgalmának szakirodalmát is (*Kádár és Csathó 2012*).

Az első kísérleti évben 1988-ban tavaszi árpával végzett vizsgálatok eredményei szerint a N-trágyázás 20-25 %-os termésnövekedést eredményezett a lucerna elővetemény leszántása után. A Cu-trágyázás hatástalan maradt. Ami az elemösszetételt illeti, a Cu döntően a gyökérben dúsult, ahol a kontroll talajon mért Cu-tartalom a 28 mg/kg értékről ötszörösére 144 mg/kg-ra ugrott. A hajtás Cu koncentrációja ugyanakkor érdemben nem változott, a Cu növényen belüli vertikális transzportja gátolt volt. Talajvizsgálati adataink szerint ugyanakkor a bevitt Cu-

trágya gyakorlatilag teljes mennyisége kimutatható volt a szántott rétegben KCl+EDTA oldható formában (Kádár és Csathó 2012a).

A kísérlet 2. évében 1989-ben őszi búzát termesztettünk. A N-trágyázás csak a szalma termését növelte, míg a Cu-trágyázás hatástalan volt. A N-kínálattal általában emelkedett a búza szerveinek N és a kationok koncentrációja. A gyökér 2-szer gazdagabb volt Cu-ben, mint a fiatal hajtás. A Mg és a vizsgált mikroelemek a gyökérben dúsultak. A 0-60 cm talajréteg NO<sub>3</sub>-N készlete 1989 tavaszán a 0, 100, 200, 300 kg/ha/év kezelésben 42, 84, 135, 180 kg/ha mennyiséget tett ki, tükrözve a N-terhelést (Kádár és Csathó 2012b).

Ugyanezen a talajon 1979-ben vizsgáltuk a NPK ellátottsági szintek hatását az őszi árpára. A kielégítő PK-ellátottságot a szántott réteg 140-200 mg/kg AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, illetve K<sub>2</sub>O tartománya, illetve a N-ellátást a 100 kg/ha/év körüli N-adag biztosította. Megállapítottuk, hogy az állomány kiegyensúlyozott NPK ellátottságát a bokrosodáskori hajtás összetétele jól jellemezheti az irodalmi adatokkal összhangban (Kádár 2000).

A Mo bár esszenciális elem, hiányát ritkán sikerül kimutatni növényben, állatban, emberben, mert az élővilág rendkívül kis mennyiségben igényli. A túlsúly jelenthet problémát. A talajban nem kötődik meg, így arid vidékeken a Na, B, Se és egyéb mobilis elemekkel együtt a feltalajban dúsul. A talaj/növény rendszerben a szűrő nem működik, a növény hiperakkumulátorként halmozza fel a tömegárammal bejutó Mo-t. A Mo túlsúlya a takarmányban, legelőfűben mérgezést, molibdenózt, a legelőhasmenés tünetegyüttesét okozza. A vizet áteresztő kilúgzásos talajokon nem lép fel Mo toxicitás.

A toxicitás gyakran Cu-hiányként jelentkezik. Az optimális Cu/Mo aránya 5-10 között van. Ha ez az arány 2 alá süllyed, fennállhat a mérgezés potenciális veszélye. Luxusfelvételnél a Mo döntően vízoldható formában van a növényben, így gyorsan felszívódik az állati gyomorban. A növényre ez a luxusfelvétel nem mérgező. Tőzeges, lápos talajon a Cu a szervesanyaghoz erősen kötődik, míg a Mo nem tud kimosódni. Így valódi, abszolút Cu-hiányos és Mo-túlsúlyos növényzet fejlődik. A Mo koncentrációja akár nagyságrenddel meghaladhatja a Cu koncentrációját a növényben.

A szokásos Mo-tartalom a növényekben 0,1-2 mg/kg közötti. Az egészségügyi maximum a takarmányban 10-20 mg/kg Chaney (1982), Kloeke et al. (1988), Sauerbeck (1985) szerint. Humántoxikológiai szempontból viszonylag „békés” elemnek tekintik a Mo-t. Ivóvizekre nincs is határkoncentráció megadva. Az 50/2001. (IV.3.) Korm. rendelet szerint a szennyvizekben 0,02 mg/l, szennyvíziszapokban 20 mg/kg a megengedett mezőgazdasági felhasználás esetén. A talaj ilyen módon 0,2 kg/ha/év Mo mennyiséggel terhelhető maximum 7 mg/kg összes Mo-tartalom eléréséig a szántott rétegben.

Megemlíthető még, hogy a Mo-toxicitás az antagonistá Cu és S elemek sóinak adagolásával gyógyítható. Az állati szervekben, főként a vese, máj és a vérben felhalmozódó Mo döntően a vizelettel ürül.

### 3.2. A kísérlet anyaga és módszere

A N x Cu kölcsönhatásokat vizsgáló kéttényezős kísérletet 1988 tavaszán állítottuk be az MTA TAKI nagyhorcsöki kísérleti telepén. A kísérlet talaja löszön

képződött meszes csernozjom mely a kísérlet beállítása előtt 1988. március elején végzett talajvizsgálataink szerint mintegy 5 %  $\text{CaCO}_3$ -ot és 3 % humuszt tartalmazott a szántott rétegben. A  $\text{pH}(\text{KCl}) = 7,3$ ; az  $\text{AL-P}_2\text{O}_5$  128  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,  $\text{AL-K}_2\text{O}$  243  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,  $\text{KCl-Mg}$  150-180  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , az  $\text{EDTA-Mn}$  127  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , az  $\text{EDTA-Cu}$  2-3  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,  $\text{EDTA-Zn}$  1-2  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  értékekkel jellemezhetők. A  $\text{KCl-oldható NH}_4\text{-N}$  9,  $\text{NO}_3\text{-N}$  12  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  a feltalajban. A *Buzás et al. (Szerk.: 1979)* által elfogadott módszerek és határértékek alapján ezek az adatok a talaj jó Ca, Mg, K, Mn; kielégítő Cu, valamint gyenge P és Zn ellátottságáról tanúskodnak. A talajvíz szintje 13-15 m mélyen helyezkedik el, a terület aszályérzékeny. Éghajlata az Alföldéhez hasonlóan szárazságra hajló, átlagos középhőmérséklete 11 °C, éves átlagos csapadékösszege 576 mm.

A kísérlet osztott parcellás (split-plot) elrendezésű  $4\text{N} \times 3\text{Cu} = 12$  kezeléssel és 3 ismétléssel, összesen 36 parcellával. A parcellák mérete  $4,9 \times 15 = 73,5 \text{ m}^2$  volt. Az alaptrágyázás évente 100  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$   $\text{P}_2\text{O}_5$  és 100  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$   $\text{K}_2\text{O}$  adagot jelentett szuperfoszfát és kálisó formájában. A N-t 25 %-os pétisó ( $\text{Ca-NH}_4\text{NO}_3$ ), a Cu trágyát 25,5 %-os  $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$  formában alkalmaztuk. A PK műtrágyákat és a N felét az elővetemény lucerna törésére szórtuk ki 1987 őszén és leszántottuk, míg a N másik felét és a  $\text{CuSO}_4$  trágyát 1988 tavaszán kevertük a talajba vetés előtt. Az 5. évben 1992 tavaszán a 15 m hosszú parcellákat megfeleztük és egy 1 m-es úttal elválasztottuk. Az osztott parcellás (split-plot) elrendezésű kísérletünk háromtényezősé vált  $4\text{N} \times 3\text{Cu} \times 2\text{Mo} = 24$  kezeléssel  $\times 3$  ismétléssel = 72 parcellával. A felezett parcellákra 48  $\text{kg/ha}$  Mo-t szórtunk ki kora tavasszal N-fejtrágyával egyidőben. A Mo trágyát  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$  formában adagoltuk. A N és a Mo sokat a következő napok csapadéka a talajba mosta. Tehát a Cu-trágyázás 1988-ban, Mo-trágyázás 1992-ben történt egyszeri alkalommal. Az N, P és K műtrágyákat évente adtuk.

Vizsgált tényezők az alábbiak:

<u>1.tényező (főparcellák):</u>	<u>2.tényező (alparcellák):</u>	<u>3.tényező (al-alparcellák):</u>
$\text{N}_0$ = kontroll	$\text{Cu}_0$ = kontroll	Mo = kontroll
$\text{N}_1$ = 100 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{év}^{-1}$ N	$\text{Cu}_1$ = 50 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ Cu 1988-ban	Mo = 48 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ 1992-ben
$\text{N}_2$ = 200 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{év}^{-1}$ N	$\text{Cu}_2$ = 100 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ Cu 1988-ban	
$\text{N}_3$ = 300 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{év}^{-1}$ N		

A kísérlet 1. évében 1988-ban tavaszi árpa, 1989-ben őszi búza, 1990-ben őszi árpa, 1991-ben kukorica, 1992-ben tritikále, 1993-ban burgonya, 1994-ben zab, 1995-ben rozs, 1996-1999-ig lucerna, 2000-ben repce, 2001-ben mák, 2002-ben napraforgó, 2003-ban újra tavaszi árpa volt a termesztett növény. A kísérlet 16 éven át folyt, a növényi sorrendet 1988-2003 között az 1. táblázat ismerteti.

A parcellák nettó területéről bokrosodás végén és aratás előtt 4-4 fm, azaz 0,5  $\text{m}^2$  területről földfeletti növénymintákat vettünk a kémiai analízis, a tömegmérés, az aratáskori szem/szalma, illetve szem/pelyva arányának megállapítása céljából. A növényi anyagokat 40-50 °C-on szárítottuk, majd finomra őröltük. A minták laboratóriumi előkészítése a kísérleti telepen történt. Mintavételek előtt a növényállományt fejlettségre bonitáltuk 1-5 skálán. Aratás a parcellák nettó

területéről,  $7 \times 2,1 = 14,7 \text{ m}^2$  kombájnolt csíkokból nyert termést jelentette. Az 1000-szem súlyát  $4 \times 500$  db mag mérésével állapítottuk meg szintén parcellánként. Laboratóriumi vizsgálatok az MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézetben történtek az alább ismertetett módszerekkel:

1. táblázat: A N x Cu tartamkísérlet növényi sorrendje 1988-2003 között

Kísérlet éve	Növényfaj (forgó)	Fajta (hibrid)	Kísérlet éve	Növényfaj (forgó)	Fajta (hibrid)
1988	tavaszi árpa	Opal	1996	lucerna	Szarvasi-1
1989	őszi búza	MV-15	1997	lucerna	Szarvasi-1
1990	őszi árpa	MV-35	1998	lucerna	Szarvasi-1
1991	kukorica	Pi 3732	1999	lucerna	Szarvasi-1
1992	tritikále	Presto	2000	repce	Wester
1993	burgonya	Desirée	2001	mák	Kék Duna
1994	zab	Leanda	2002	napraforgó	IHNK hibrid
1995	rozs	Kisvárdai-1	2003	tavaszi árpa	Orbit

**Növényelemzés:** A bemért 0,5 g légszáraz anyaghoz  $5 \text{ cm}^3$  cc.  $\text{HNO}_3 + 1 \text{ cm}^3$  cc.  $\text{H}_2\text{O}_2$  adagolása, majd 15 perces roncsolás a mikrohullámú berendezésben. Az ásványi elemek mérése ICP-AES készüléken. A N meghatározása: 0,5 g légszáraz anyaghoz  $10 \text{ cm}^3$  cc.  $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{cc. H}_2\text{O}_2$  szükség szerint adagolva az ISO 11261 (1995), illetve a módosított Kjeldahl (1891) eljárással.

**Talajelemzés:** A KCl + EDTA oldható Cu-tartalmat, az AL-oldható PK-tartalmat Egnér et al. (1960), valamint az 1 mol/L KCl-kicserélhető  $\text{NH}_4\text{-N}$  és  $\text{NO}_3\text{-N}$  tartalmakat a MÉM NAK (1978), illetve Baranyai et al. (1987) által ismert eljárásokkal vizsgáltuk. Az  $\text{NH}_4\text{-acetát} + \text{EDTA}$  oldható ásványi elemeket Lakanen és Erviö (1971), a humuszt Tyurin (1937), az ammoniumlaktát+ecetsav oldható elemeket Egnér et al. (1960), az összes N-t az ISO 11261 (1995), illetve módosított Kjeldahl (1891) által ismertetettek alapján határoztuk meg.

### 3.3. Tavaszi árpa 1988-ban

Ismeretes, hogy a talaj tápelemkínálatának, illetve a növény tápláltsági állapotának megítélésére a bokrosodáskori fiatal hajtás összetétele a leginkább alkalmas. Ekkor a koncentrációk nagyok és széles sávban változhatnak. Ezt követően a gyors szárazanyag felhalmozás miatt erőteljes hígulás lép fel. Lásztity (1985) pl. azt találta, hogy a tavaszi árpa bokrosodáskori tápelem koncentrációit 100-nak véve virágzásig a N 33, a P 44, a K 25, a Ca 48, a Mg 55 %-ra esett vissza. A bokrosodás vége/szárbaindulás eleje stádiumában levő hajtás optimuma Cerling (1978) szerint 3,0-4,0 % N 0,37-0,45 % P, 3,6-4,1 % K körül alakulhat.

Irodalmi adatok szerint a tavaszi árpa tenyészideje rövid, gyökérzete viszonylag kevésbé fejlett, ezért víz- és tápelemigényes. A takarmány célra termesztett árpánál a N-bőség előnyös, mert nő a fehérjetartalom és a takarmányérték. A sörárpa

minőségét a N-túlsúly rontja, míg a PK műtrágyázással javulhat a szárszilárdság, hozam, extrakt tartalom, illetve a maláta és a sör minősége. A cukorrépa ideális előveteménye lehet a sörárpának, az ipari célokra termesztett tavaszi árpának, amennyiben gyommentes, tiszta, érett, termékeny, de N-ben nem gazdag talajt hagy maga után. A két növény ökológiai igénye is közelálló, a tőlünk É-ÉNy-ra fekvő Cseh- és Németország élenjáró a minőségi cukorrépa és sörárpa termesztésében (Cserhádi 1901, Lőrincz 1984, Kismányoky 1980).

Az alaptrágyázás évente 100 kg/ha  $P_2O_5$  és 100 kg/ha  $K_2O$  adagot jelentett szuperfoszfát és kálisó formájában. A N-t 25 %-os pétisó ( $Ca-NH_4NO_3$ ), a Cu trágyát 25,5 %-os  $CuSO_4 \times 5H_2O$  formában alkalmaztuk. A PK műtrágyákat és a N felét az elővetemény lucerna törésére szórtuk ki 1987 őszén és leszántottuk, míg a N másik felét és a  $CuSO_4$  trágyát 1988 tavaszán kevertük a talajba vetés előtt. A Mars fajtát vetettük el gabona sortávra. A főbb agrotechnikai műveleteket és módszertani megfigyeléseket az 1. táblázat tekinti át. Megemlítjük, hogy általában az üzemekben szokásos agrotechnikát alkalmaztuk.

1. táblázat: Főbb agrotechnikai műveletek és megfigyelések a kísérletben

Műveletek megnevezése	Időpont	Egyéb megjegyzések
1. Tavaszi szántás	1988.03.03	MTZ-50+ Lajta eke
2. Szántás elmunkálása	1988.03.11.	MTZ-50+tárcsa
3. Műtrágyázás (N, Cu)	1988.03.30.	Parcellánként kézzel
4. Műtrágyák bedolgozása	1988.03.30.	MTZ-50+kombinátor
5. Vetés (Fajta: Mars)	1988.03.30.	MTZ-50+vetőgép
6. Bonitálás keléskor	1988.04.11.	Parcellánként 1-5 skálán
7. Bonitálás bokrosodáskor	1988.05.14.	Parcellánként 1-5 skálán
8. Növénymintavétel gyökérrel	1988.05.18.	Parcellánként 4 fm = 0,5 m <sup>2</sup>
9. Bonitálás vetésfehérítőre	1988.06.06.	Parcellánként 1-5 skálán
10. Bonitálás aratás előtt	1988.07.20.	Parcellánként 1-5 skálán
11. Növénymintakéve aratáskor	1988.07.20	Parcellánként 4 fm = 0,5 m <sup>2</sup>
12. Kombájnolás	1988.07.22.	Parcellánt 2 x 15 = 30 m <sup>2</sup>
13. Talajmintavétel (0-20 cm)	1988.09.30.	Átlagminta parcellánként

Megjegyzés: Vetés 5 cm mélyre, 12 cm gabonasortávra, 60-70 db/fm csíraszámával és 200 kg/ha vetőmagnormával

A növényállományt parcellánként 1-5 skálán bonitáltuk bokrosodás, virágzás és betakarítás idején. Ugyanakkor parcellánként  $2 \times 2 = 4$  fm-ről földfeletti növénymintákat is vettünk tömegmérés és elemzés céljából. Betakarítást követően talajmintavételre is sor került a szántott rétegből, parcellánként 20-20 lefűrásból képezve átlagmintákat. A növényeket 10 elemre vizsgáltuk. Talajmintákban meghatároztuk a KCl+EDTA oldható Cu-tartalmat, valamint a KCl-kicserélhető  $NH_4-N$  és  $NO_3-N$  tartalmat MÉM NAK (1978), illetve Baranyai et al. (1987) által ismertett eljárásokkal.

A havi, negyedéves és az éves csapadékösszegekről a 2. táblázat adatai tájékoztatnak. Az elővetemény lucerna a talajt kiszárította, de a tavaszi árpa vetéséig 149 mm csapadék hullott, mely némileg pótolta a felsőbb talajrétegek vízkészletét. Rendkívül száraz volt viszont a május, majd a július hónap. A tenyészidő egészét tekintve a sokéves átlaghoz közeli csapadékkal rendelkezhetett a tavaszi árpa.

**2. táblázat:** Havi, negyedéves és az éves csapadékösszegek a kísérletben 1988-ban

Hónap Jele	Mért mm	Sokéves átlag, mm	Hónap Jele	Mért mm	Sokéves átlag, mm
01	38	29	07	29	55
02	53	29	08	97	60
03	58	32	09	57	47
Összesen	149	90	Összesen	183	161
04	25	43	10	27	41
05	11	46	11	14	53
06	71	71	12	38	41
Összesen	107	156	Összesen	79	135
01-06	256	245	07-12	262	296

Megjegyzés: A 04-09 tenyészidőszak alatti csapadékösszeg 1988-ban 290 mm, míg a 48 éves átlag 317 mm volt

#### Kísérleti eredmények

A bokrosodás végén végzett állománybonításunk szerint a N-trágyázás igazolhatóan pozitív hatást gyakorolt a fiatal növényállomány fejlődésére. Virágzás idején ez a pozitív hatása a levélkárosító vetésfehérítő (*Lema melanopus*) kártételének mérséklődése terén nyilvánult meg. Némileg nőtt a friss és a légszáraz hajtás tömege is bokrosodáskor, bár inkább csak tendenciájában. Virágzáskori átlagos növénymagasság 52 cm-t tett ki kezelésektől függetlenül. Aratáskor a kalászonkénti szemszám 13 db, a kalászonkénti átlagos szemtömeg 0,5 g, míg az 1000-szem tömege mindössze 35 g körül alakult. A generatív fázisban a N-túlkínálat az aszályos július nyomán magszorulást és mintegy 20 %-os szemterméscsökkenést okozott. Az átlagos termésszint mérsékelt maradt 3 t/ha légszáraz szalma és a 3 t/ha szem hozammal. Az összes földfeletti biomassa légszáraz tömege 6 t/ha mennyiséget tett ki 1 körüli fő/melléktermés aránnyal. A Cu-trágyázás hatástalan volt, ezért az N-kezelések adatait a Cu-kezelések átlagaiban mutattuk be a 3. táblázatban. Megemlíthető, hogy a lucerna elővetemény nyomán a talaj N-szolgáltatása kielégíthette a mérsékelt termések N-igényét a kontroll talajon is. A N-trágyázás ebből adódóan N-túlsúlyt, túltrágyázást eredményezett.



3. táblázat: N-trágyázás hatása a tavaszi árpára 1988-ban

N-adag kg/ha	Bonitálások*		Légsz. hajtás	Szalma	Pelyva	Szem
	05.14.	06.06.	g/4 fm	07.20-án, t/ha		
0	3,2	3,7	42	2,1	0,8	3,5
100	3,9	2,8	44	2,3	0,7	2,9
200	4,8	2,7	49	2,1	0,8	2,9
300	4,9	2,4	48	2,5	0,7	2,8
SzD <sub>5</sub> %	1,0	1,1	7	0,7	0,3	0,6
Átlag	4,2	2,9	46	2,3	0,7	3,0

\*Bonitálás 05.14-én állományra (1 = gyengén, 5 = jól fejlett állomány); Bonitálás 06.06-án vetésfehérítő kártételre (1 = gyengén, 5 = erősen fertőzött). 1000-szem 35,4 g; szem db/kalász 13,4; szem g/kalász 0,5 átlagosan

4. táblázat: N-szintek hatása a tavaszi árpa elemösszetételére 1988-ban

Elem jele	Mérték- egység	N-trágyázás, N kg/ha				SzD <sub>5</sub> %	Átlag
		0	100	200	300		
Hajtás bokrosodáskor 05.18-án							
K	%	4,28	4,44	4,59	4,67	0,20	4,49
N	%	3,08	3,40	3,59	3,81	0,23	3,47
Ca	%	0,74	0,79	0,80	0,84	0,03	0,79
Mg	%	0,17	0,17	0,19	0,20	0,03	0,18
Fe	mg/kg	430	486	513	677	462	527
Mn	mg/kg	62	65	69	77	12	68
Cu	mg/kg	7,5	7,8	7,5	8,0	0,6	7,7
Gyökér bokrosodáskor 05.18-án							
N	%	1,01	1,39	1,58	1,72	0,29	1,42
Szalma aratáskor 07.20-án							
N	%	0,84	0,96	1,05	1,10	0,20	0,98
Ca	%	0,32	0,32	0,34	0,38	0,06	0,34
Mn	mg/kg	36	41	42	46	6	41
Cu	mg/kg	3,5	4,1	4,5	4,5	0,4	4,1
Szemtermés aratáskor 07.20-án							
N	%	2,06	2,22	2,27	2,31	0,08	2,22
Ca	mg/kg	637	660	666	712	52	669
Mn	mg/kg	19	19	20	20	1	20
Cu	mg/kg	7,7	8,3	9,0	8,9	0,8	8,5

Megjegyzés: Adatok a Cu-kezelések átlagában. A Cu-trágyázás az összetételt igazolhatóan csak a gyökérben befolyásolta. *Bergmann (1992)* szerint a bokrosodáskori hajtás optimális elemtartalma: 2,5-4,5 % K; 2,0-4,0 % N; 0,4-1,0 % Ca; 0,30-0,50 % P; 0,12-0,30 % Mg; 25-100 mg/kg Mn, 15-60 mg/kg Zn, 5-10 mg/kg B és Cu.

Megemlítjük, hogy ugyanezen a mezőföldi mészlepedékes csernozjom talajon beállított NPK műtrágyázási tartamkísérletünkben a 100 kg/ha/év feletti N-trágyázás csökkentette a tavaszi árpa m<sup>2</sup>-enkénti kalászosok számát és az átlagos ezermagtömeget 40-ről 38 g-ra. A magtermés igazolhatóan mérséklődött, a N-túlsúly nyomán a szalma/szem aránya a N-kontrollon mért 0,7-ről 1,1-re ugrott. A generatív fázisban fellépő N-depresszióhoz az aszályos július is hozzájárult. Maximális 5,5 t/ha szem + 5,5 t/ha szalmatermést az évenkénti 100 kg/ha körüli N-trágyázás, valamint a talaj 150-200 mg/kg közötti AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, illetve AL-K<sub>2</sub>O ellátottság biztosította. A N-túlsúlya 0,5 t/ha terméseszkökenést eredményezett (Kádár *et al.* 2003).

A N-kínálattal emelkedett a bokrosodáskori hajtásban mért makro- és mikroelemek koncentrációja a Na és a Zn kivételével. A gyökérben csak a N-tartalom emelkedése volt igazolható. A szalmában és a szemtermésben 4 elem beépülését serkentette a N-bőség: N, Ca, Mn, Cu. Bergmann (1992) szerint a tavaszi árpa hajtásának optimális elemösszetétele bokrosodás végén az alábbi tartományban van: K 2,5-4,5 %; N 2,0-4,0 %; Ca 0,4-1,0 %; P 0,3-0,5 %; Mg 0,12-0,30 %; Mn 25-50, Zn 15-60, B és Cu 5-10 mg/kg szárazanyag. Megállapíthatjuk, hogy fenti határértékek alapján a K, N, Ca, P, Mg, Mn, Zn és Cu elemekkel a fiatal tavaszi árpa állománya egyaránt kielégítően ellátott volt (4. táblázat).

A Cu-adagolás a növényi szervek összetételét sem módosította igazolhatóan. A Cu döntően a gyökerekben akkumulálódott. A trágyázatlan talajon fejlődött növények gyökerében 3,5-ször akkora volt a Cu koncentrációja, mint a földfeletti hajtásban. A N-kínálattal a hajtás Cu tartalma érdemben nem változott, míg a gyökérben a 28 mg/kg-ról 144 mg/kg-ra, 5-szörösére ugrott. A Cu növényen belüli transzportja, vertikális mozgása gátolt (5. táblázat).

5. táblázat: N-kezelés hatása a tavaszi árpa Cu-tartalmára

Növényi rész	N-trágyázás, kg/ha			SzD <sub>5</sub> %	Átlag
	0	50	100		
Cu mg/kg					
Hajtás	8	8	8	1	8
Gyökér	28	71	134	18	77

Ismeretes, hogy a felvett elemek mennyiségi viszonyai nemcsak a tápelemigényt jelezhetik, hanem a közvetlenül a trágyaszükséglet becslésében is iránymutatóul szolgálhatnak. Kielégítően ellátott talajokon ugyanis megelégszünk a felvett tápelemek többé-kevésbé egyszerű pótlásával, fenntartó trágyázást folytatva. A trágyaigényt ilyen esetben a tervezett termés és fajlagos elemtartalom szorzata adja meg. A trágyaigényt más tényezők is módosítják, elsősorban a talaj tápelemellátottsága. A fajlagos elemtartalom szintén változhat a talaj elemkínálattól függően. A talaj-növény elemforgalmát átfogóan ezért csak trágyázási tartamkísérletekben vizsgálhatjuk.

A környezeti hatásokkal, mint az éghajlat, talaj, trágyázás, gyomosodás stb. szemben legérzékenyebb gabonafélének minősülhet a tavaszi árpa. Ami az 1 t szem + a hozzá tartozó melléktermés fajlagos elemigényét illeti, szintén tág határok között ingadozhat a termesztési feltételektől függően. A hazai szaktanácsadásban a 23-9-21-

8-2=N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O-CaO-MgO átlagos fajlagos mutató az elfogadott (Buzás *et al. Szerk.: 1979, Antal 1987*). A szélső értékeket feltüntetve főként a N-ellátás eredőjeként Kismányoky (1980, 1997, 2005) az alábbi fajlagos elemtartalmakat közli: 19-30 kg N, 10-12 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 21-36 kg K<sub>2</sub>O, 6-12 kg CaO, 3-5 kg MgO. A továbbiakban vizsgálni kívánjuk a tavaszi árpa fajlagos elemtartalmát is, hogy a növény tápelemigényének megítélésére szolgáló irányszámokat a szaktanácsadás számára tovább finomítsuk.

A tavaszi árpa átlagos elemösszetételét és felvételét a 6. táblázat foglalja össze. Látható, hogy a bokrosodáskori gyökér a hajtáshoz viszonyítva N és K elemekben szegényebb, míg egyéb makro- és mikroelemekben gazdagabb. A szemtermésben elsősorban a N, P, Mg, Zn, Cu elemek akkumulálódtak. A szalmában ezzel szemben a K, Ca, Na, Fe, Mn elemek halmozódtak fel. Mindez tükröződik a felvett elemek mennyiségében is. A 6 t/ha légszáraz földfeletti biomasszába kerekítve 96 kg N, 48 kg K (57 kg K<sub>2</sub>O), 16 kg P (37 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 12 kg Ca (17 kg CaO), 7-8 kg Mg (12-13 kg MgO) épült be. A fajlagos, azaz 1 t szemtermés + a hozzátartozó melléktermés elemtartalma tehát 32 kg N, 19 kg K<sub>2</sub>O, 12 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 6 Kg CaO, 4 kg MgO mennyiségre tehető. Adataink felhasználhatók a tavaszi árpa tervezett termés elemigényének becslésekor a szaktanácsadásban.

6. táblázat: A tavaszi árpa átlagos elemtartalma és elemfelvétele 1988-ban

Elem Jele	Mért. Egys.	05.18-án		07.20-án		Mért. Egys.	Elemfelvétel 07.20-án		
		Hajtás	Gyökér	Szalma	Szem		Szalma	Szem	Össz.
K	%	4,49	1,25	1,07	0,52	kg/ha	32,1	15,6	47,7
N	%	3,47	1,42	0,98	2,22	kg/ha	29,4	66,6	96,0
Ca	%	0,79	1,11	0,34	0,07	kg/ha	10,2	2,1	12,3
P	%	0,31	0,28	0,11	0,43	kg/ha	3,3	12,9	16,2
Mg	%	0,18	0,53	0,10	0,15	kg/ha	3,0	4,5	7,5
Na	mg/kg	315	613	349	87	g/ha	1047	261	1308
Fe	mg/kg	527	7200	170	55	g/ha	510	165	675
Mn	mg/kg	68	333	41	20	g/ha	123	60	183
Zn	mg/kg	24	44	8	29	g/ha	24	87	111
Cu	mg/kg	8	28	4	8	g/ha	12	24	36

Megjegyzés: Szalma+pelyva melléktermés és a szemtermés is 3 t/ha átlaghozammal számolva.

A szeptember végén vett talajminták elemzése szerint (7. táblázat) a szántott rétegben a kontroll talajon 2-3 mg/kg, az 50 kg/ha Cu-terhelésnél kerekítve 22 mg/kg, a 100 kg/ha Cu-terhelésnél 44 mg/kg Cu-tartalmat találtunk. A vizsgálatok hibáját is figyelembe véve mindez arra utal, hogy a CuSO<sub>4</sub> formában beszántott Cu gyakorlatilag teljes mennyisége KCl+EDTA oldható formában maradt a kísérlet első éve után a talajban. Hasonló becslésnél feltesszük, hogy a 0-20 cm körüli szántott réteg tömege 3 millió kg/ha, tehát közelítően 2,5-3,0 kg Cu 1 mg/kg koncentrációnövekedést eredményezhet a talajban. Megemlítjük, hogy a KCl-oldható NO<sub>3</sub>-N átlagosan 11 mg/kg, az NH<sub>4</sub>-N 9 mg/kg volt átlagosan a kezelésektől függetlenül a feltalajban szeptember végén.

7. táblázat: Cu-kezelés hatása a szántott réteg KCl+EDTA oldható Cu-tartalmára 1988.09.30-án

Cu kg/ha	N-trágyázás, N kg/ha				SzD <sub>5%</sub>	Átlag
	0	100	200	300		
	mg/kg					
0	2	3	3	2		2
50	21	22	18	25	12	22
100	37	48	46	46		44
SzD <sub>5%</sub>			18			9
Átlag	20	24	22	24	6	23

Megjegyzés: A CV=30 %. A KCl-oldható NO<sub>3</sub>-N átlagosan 11, NH<sub>4</sub>-N 9 mg/kg

### Összefoglalás

Mészlepedékes csernozjom vályogtalajon beállított szabadföldi kísérletben vizsgáltuk a N x Cu elemek közötti kölcsönhatásokat 1988-ban tavaszi árpával. Termőhely talaja a szántott rétegben 3 % humuszt, 5 % körüli CaCO<sub>3</sub>-ot és 20 % körüli agyagot tartalmazott. Talajelemzések alapján a terület jó Ca, Mg, K, Mn, kielégítő Cu, valamint gyenge-közepes P és Zn ellátottságú volt. A talajvíz 13-15 m mélyen található, a terület aszályérzékeny. A kísérletet 4N x 3Cu = 12 kezelés x 3 ismétlés = 36 parcellával állítottuk be osztott parcellás (split-plot) elrendezéssel. A N 0, 100, 200, 300 kg/ha, a Cu 0, 50, 100 kg/ha adagokat jelentett Ca-ammóniumnitrát, illetve CuSO<sub>4</sub> formájában. Az árpilis, május és a július hónapokat aszály jellemezte. Főbb eredmények:

Aratás idején a N-trágyázás 20-25 %-os szemterméscsökkenést eredményezett az elővetemény lucerna után. A Cu-trágyázás teljesen hatástalan maradt. Az átlagos termésszint 3 t/ha szem és 3 t/ha melléktermést jelentett mindössze. A kis termés N-igényét ebben a száraz évben a trágyázatlan talaj is kielégítette. A N-kínálattal viszont nőtt a bokrosodáskori hajtás makro-és mikroelem tartalma a Na és a Zn kivételével. Az aratáskori szalma és szem N, Ca, Mn és Cu elemeinek beépülését szintén serkentette a N-trágyázás. A Cu-trágyázás a növényi összetételt sem módosította. A Cu döntően a gyökérben halmozódott fel és a N-kínálattal Cu koncentrációja a kontrollon mért 28 mg/kg-ról 144 mg/kg-ra ugrott.

A szemtermésben főként a N, P, Mg, Zn, Cu elemek dúsultak. A tavaszi árpa fajlagos, azaz 1 t szem + a hozzátartozó melléktermés elemtartalma 32 kg N, 19 kg K<sub>2</sub>O, 12 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 6 kg CaO, 4 kg MgO mennyiséget tett ki. Adataink felhasználhatók a tavaszi árpa tervezett termésének elemigénye becslésekor a szaktanácsadásban. Megemlítjük, hogy a kapott kis termések fajlagos elemtartalmai átlagosan mintegy 20 %-kal meghaladják a normál években kapottakat. Az első év után a bevitt Cu-trágya gyakorlatilag teljes mennyisége kimutatható volt KCl+EDTA formában a szántott rétegben. A kontroll talajon mért 2 mg/kg Cu-tartalom az 50, illetve a 100 kg/ha/év Cu-terhelés hatására 22, illetve 44 mg/kg értékre ugrott. A Cu növényen belüli (vertikális) transzportja ugyanakkor gátolt volt.

### 3.4. Őszi búza 1989-ben

Az alaptrágyázás évente 100 kg/ha  $P_2O_5$  és 100 kg/ha  $K_2O$  adagot jelentett szuperfoszfát és kálisó formájában. A N-t 25 %-os pétisó ( $Ca-NH_4NO_3$ ), a Cu trágyát 25,5 %-os  $CuSO_4 \times 5H_2O$  formában alkalmaztuk. A PK műtrágyákat és a N felét az elővetemény lucerna törésére szórtuk ki 1987 őszén és leszántottuk, míg a N másik felét és a  $CuSO_4$  trágyát 1988 tavaszán kevertük a talajba vetés előtt. Az Mv-15 fajtát vetettük el gabona sortávra. A főbb agrotechnikai műveleteket és módszertani megfigyeléseket az 1. táblázat tekinti át. Megemlítjük, hogy általában az üzemekben szokásos agrotechnikát alkalmaztuk.

1. táblázat: Főbb agrotechnikai műveletek és megfigyelések az őszi búza kísérletben

Műveletek megnevezése	Időpont	Egyéb megjegyzések
1. Őszi műtrágyázás (N, P, K)	1988.10.05.	Parcellánként kézzel
2. Egyirányú szántás	1988.10.06.	MTZ-50+eke
3. Gyűrűs hengerezés	1988.10.06.	MTZ-50+gyűrűshenger
4. Tárcsázás	1988.10.17.	MTZ-50+tárcsa
5. Kombinátorozás	1988.10.18.	MTZ-50+kombinátor
6. Vetés, hengerezés	1988.10.20.	MTZ-50+vetőgép, henger
7. Talajmintavétel (0-60 cm)	1989.03.03.	Parcellánként kézzel
8. Tavasz N-műtrágyázás	1989.03.08.	Parcellánként kézzel
9. Bonitálás állományra	1989.03.08.	Parcellánként 1-5 skálán
10. Gyomirtás (Dikotex)	1989.04.10.	MTZ-50+permetező
11. Növénymintavétel gyökérrel	1989.04.26.	Parcellánként 4 fm = 0,5 m <sup>2</sup>
12. Növénymintavétel gyökérrel	1989.05.29.	Parcellánként 4 fm = 0,5 m <sup>2</sup>
13. Bonitálás állományra aratáskor	1989.07.17.	Parcellánként 1-5 skálán
14. Mintakéve szedése	1989.07.17.	Parcellánként 4 fm = 0,5 m <sup>2</sup>
15. Kombájnolás	1989.07.17.	Parcellánként 2 x 15 = 30 m <sup>2</sup>

Megjegyzés: Mv-15 fajtájú őszi búza 80 db/fm csíraszámával 5 cm mélyen elvetve gabonasortávolságra 300 kg/ha vetőmagnormával. Bokrosodás eleje 03.08., bokrosodás vége 04.26., virágzás eleje 05.29.

A növényállományt parcellánként 1-5 skálán bonitáltuk bokrosodás, virágzás és betakarítás idején. Ugyanakkor parcellánként 2 x 2 = 4 fm-ről földfeletti növénymintákat is vettünk tömegmérés és elemzés céljából. Betakarítást követően talajmintavételre is sor került a szántott rétegből, parcellánként 20-20 lefúrásból képezve átlagmintákat. A növényeket vizsgáltuk makro elemekre, illetve mikroelemekre. Talajmintákban meghatároztuk a KCl+EDTA oldható Cu-tartalmat, valamint a KCl-kicserélhető  $NH_4-N$  és  $NO_3-N$  tartalmat MÉM NAK (1978), illetve Baranyai *et al.* (1987) által ismerttetett eljárásokkal.

A havi, negyedéves és az éves csapadékösszegekről az alábbi adatok tájékoztatnak. A tavaszi árpa előveteményt 1988. július 22-én takarítottuk be. Ezt követően augusztusban 97, szeptemberben 57, októberben 27, novemberben 14, decemberben 38, azaz év végéig összesen 233 mm csapadék hullott. A következő

évben január 6, február 24, március 42, április 72, május 44, június 62, összesen a félév 250 mm esőt adott. Amennyiben ez a  $233 + 250 = 483$  mm csapadék a talajba szivároghatott és ott a gyökérjárta felső talajrétegben megőrződött, a búza vízellátottsága megfelelőnek volt mondható 1989-ben.

#### Kísérleti eredmények

A Cu-trágyázás a termés tömegét nem befolyásolta, eredményeinket ezért a Cu kezelések átlagában közöljük a 2. táblázatban, ahol a N-kezelések hatása tanulmányozható. Látható, hogy a bokrosodás végén a kontroll talajon mért zöld földfeletti hajtás tömege 44 %-kal, míg a légszáraz tömege 24 %-kal haladta meg a kontroll termését a 300 kg/ha N-trágyázott kezelésben. Az aratáskori szalmában ez a 24 % többlet szintén igazolható. A pelyva és a szem már igazolható N-többleteket nem mutat. A bőséges N-ellátás frissebb, fiatalabb, átlagosan 3 %-kal nedvdúsabb hajtást eredményezett április végén és május végén. A gyökér április végén 109 és 28 g, május végén 156 és 39 g zöld, illetve légszáraz tömeget adott átlagosan, a kezelésektől függetlenül 4 fm-enként.

2. táblázat: N-trágyázás hatása az őszi búza földfeletti tömegére 1989-ben

N-adag kg/ha	04.26-án g/4 fm		05.29-én g/4 fm		07.17-én aratáskor, t/ha			
	Zöld	Légszáraz	Zöld	Légszáraz	Szalma	Pelyva	Szem	Együtt
0	350	63	814	226	4,40	1,06	6,02	11,5
100	422	71	861	219	4,91	1,11	6,22	12,2
200	491	76	869	222	5,72	1,25	6,20	13,2
300	503	78	931	234	5,45	1,18	6,12	12,8
SzD <sub>5%</sub>	90	15	103	21	0,83	0,15	0,33	1,5
Átlag	442	72	869	225	5,12	1,15	6,14	12,4

Megjegyzés: A gyökér 04.26-án 109 és 28 g; 05.29-én 156 és 39 g zöld, illetve légszáraz tömeget adott átlagosan a kezelésektől függetlenül. A bonitálások érdemi trágyahatásokat nem mutattak. A légszárazanyag 04.26-án a hajtásban 16 %, a gyökérben 26 %, 05.29-én a hajtásban és a gyökérben 26 % volt átlagosan. Átlagos növénymagasság 95 cm volt május végén.

A légszárazanyag április végén a hajtásban 16 %, a gyökérben 26 %, míg május végén a hajtásban és gyökérben egyaránt 26-26 % volt átlagosan. A növényállomány magassága május végén elérte a 90-100 cm-t. A 2. táblázat adataiból az is kiolvasható, hogy az aratáskori összes földfeletti légszáraz biomassa 12,4 t/ha mennyiséget ért el, melyből a szalma átlagosan 41 %-kal, a pelyva 9 %-kal, míg a szem 50 %-kal részesedett. A szárazanyag akkumuláció ütemére utal, hogy a bokrosodás végén kereken 1,4 t/ha, a virágzás kezdetén május végén 4,5 t/ha volt a földfeletti biomassa. Tehát április végéig az aratáskori tömeg 12 %-a, virágzás elejéig pedig 36 %-a képződött. Más szavakkal fogalmazva a biomassa közel 2/3-át a generatív szakasz 50 napja alatt halmozta fel a búza.

A N-trágyázás igazolhatóan növelte a hajtás N, K, Ca, illetve a gyökér N, K, P elemtartalmát április végén. Május végén már 4 elem akkumulációját változtatta meg a N-bőség: N, K, Ca, Mg. Gyökérben a Mg koncentrációja nem változott, míg a többi elemé emelkedett. Az aratáskori szalmában a N, K, Ca, Na; pelyvában a N, K, Ca; szemben a N, Ca elemek beépülését serkentette a N.

Összefoglalóan megállapítható, hogy a N-bőséggel nemcsak N-ben gazdagodott a búza, hanem esetenként a K, Ca, Mg, Na főbb kationokkal is a 3. táblázatban összefoglalt adatok szerint.

3. táblázat: N-trágyázás hatása a búza elemtartalmára 1989-ben

Elem jele	Mérték-egység	N-trágyázás, kg/ha/év				SzD <sub>5</sub> %	Átlag
		0	100	200	300		
Hajtás 04.26-án							
N	%	2,81	3,05	3,27	3,39	0,26	3,13
K	%	3,24	3,68	4,35	4,24	0,43	3,88
Ca	%	0,79	0,82	0,83	0,88	0,23	0,83
Gyökér 04.26-án,							
N	%	0,74	0,88	0,95	1,03	0,10	0,90
K	%	1,41	1,48	1,95	2,00	0,22	1,71
P	%	0,12	0,12	0,13	0,14	0,01	0,13
Hajtás 05.29-én							
N	%	1,20	1,57	1,69	1,76	0,14	1,55
K	%	1,63	1,97	2,36	2,41	0,21	2,09
Ca	%	0,38	0,53	0,60	0,70	0,20	0,55
Mg	%	0,12	0,16	0,16	0,17	0,03	0,15
Gyökér 05.29-én							
N	%	0,87	1,51	1,51	1,81	0,40	1,43
K	%	1,10	1,35	1,67	1,69	0,22	1,45
Ca	%	0,25	0,31	0,32	0,59	0,20	0,37
Mg	%	0,20	0,22	0,19	0,14	0,04	0,20
Szalma 07.17-én							
N	%	0,34	0,46	0,51	0,57	0,18	0,47
K	%	0,70	0,90	1,12	1,13	0,30	0,96
Ca	%	0,28	0,32	0,37	0,40	0,06	0,34
Na	mg/kg	166	232	206	250	66	213
Pelyva 07.17-én							
N	%	0,49	0,67	0,73	0,64	0,14	0,63
K	%	0,28	0,35	0,34	0,39	0,09	0,34
Ca	%	0,10	0,12	0,12	0,15	0,04	0,12
Szemtermés 07.17-én							
N	%	1,72	1,82	2,08	2,05	0,30	1,92
Ca	mg/kg	293	310	371	367	62	335

Bergmann (1992) szerinti optimális tartományok bokrosodásban: 2,3-3,8 % N; 0,25-0,50 % P; 3,30-4,50 % K; 0,35-1,00 % Ca; 0,10-0,23 % Mg; Mn 30-100, Zn 20-70, B és Cu 5-10 mg/kg szárazanyag

Az is megfigyelhető, hogy a bokrosodás vége, illetve a virágzás elejei stádiumban a gyökér és a hajtás Cu-tartalmát a N és a Cu kezelések egyaránt módosítják, és pedig közel hasonló mértékben növelik. A gyökér átlagosan 2-szer gazdagabb Cu-ban, mint a hajtás. A N x Cu együttes trágyázás eredményeképpen a hajtás vagy a gyökér Cu-koncentrációja 50-100 %-kal is nőhet. Korral az átlagos Cu-tartalom mind a gyökérben, mind a hajtásban mérséklődik. A növény kora, illetve az N x Cu kezelések függvényében a Cu koncentrációja a hajtásban 4-11 mg/kg, a gyökérben 8-23 mg/kg tartományban változott (4. táblázat).

4. táblázat: NxCu trágyázás hatása a búza Cu-tartalmára 1989-ben, mg/kg

Cu adag kg/ha	N-trágyázás, kg/ha/év				SzD <sub>5%</sub>	Átlag
	0	100	200	300		
Hajtás 04.26-án						
0	6,2	5,7	8,2	7,5	2,8	6,9
50	6,6	7,3	7,7	8,8		7,6
100	6,7	6,9	9,3	11,5		8,6
SzD <sub>5%</sub>			2,7			1,4
Átlag	6,5	6,7	8,4	9,3	1,7	7,7
Gyökér 04.26-án						
0	14	15	16	13	6	15
50	20	18	18	24		20
100	18	21	22	23		21
SzD <sub>5%</sub>			6			3
Átlag	17	18	19	20	3	18
Hajtás 05.29-én						
0	4,2	5,0	5,0	5,0	1,0	4,8
50	4,2	5,6	5,0	5,6		5,1
100	5,0	5,6	5,6	6,1		5,6
SzD <sub>5%</sub>			0,8			0,4
Átlag	4,4	5,4	5,2	5,6	0,5	5,1
Gyökér 05.29-én						
0	8	11	12	13	6	11
50	13	16	16	15		15
100	13	17	18	17		16
SzD <sub>5%</sub>			4			2
Átlag	11	14	15	15	3	14

A búza fiatal szerveinek átlagos elemtartalmát tekintve látható, hogy a hajtás halmozza fel elsősorban a N, K, Ca, P elemeket, míg a Mg és a mikroelemek a gyökérben dúsulnak. Április végén a hajtáshoz viszonyított elemdúsulás az alábbi elemenként: Fe 22-szeres; Mg, Na, Mn 3,7-szeres; Zn és Cu 2-szeres kereken. Az aratáskori szalmában a K, Ca, Na; pelyvában a Fe; míg a szemtermésben a N, P, Mg, Zn, Cu elemek dúsulnak. Utóbbi 5 elem a szemképződés fontos élettani eleme. A pelyva elemösszetételét tekintve általában a vegetatív szalma és a generatív szem között helyezkedik (5. táblázat).



A búza földfeletti aratáskori termésébe épült elemek mennyiségéről a 6. táblázat tájékoztat. A betakarított mintegy 6 t/ha szem + 6 t/ha mellékterméssel összesen 149 kg N, 75 kg K, 21 kg Ca, 23 kg Mg, 11 kg P (25 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) mennyiséggel szegényedett a talaj. A fajlagos elemtartalom, azaz 1 t szem + a hozzátartozó melléktermés elemigénye 24 kg N, 12 kg K (14 kg K<sub>2</sub>O), 3 kg Ca (4 kg CaO), 4 kg P (9 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 2 kg Mg (3-4 kg MgO). Amennyiben kombájn betakarításnál csak a szemtermés távozik a tábláról, elégséges a N és a P visszapótlásáról gondoskodni.

5. táblázat: A búza szerveinek átlagos elemtartalma 1989-ben

Elem jele	Mért. Egys.	04.26-án		05.29-én		07.17-én		
		Hajtás	Gyökér	Hajtás	Gyökér	Szalma	Pelyva	Szem
N	%	3,13	0,90	1,55	1,43	0,47	0,63	1,92
K	%	3,88	1,71	2,09	1,45	0,96	0,34	0,35
Ca	%	0,83	0,39	0,55	0,37	0,34	0,12	0,03
P	%	0,30	0,13	0,22	0,13	0,05	0,09	0,32
Mg	%	0,16	0,59	0,15	0,19	0,08	0,06	0,10
Fe	mg/kg	431	9600	238	3600	92	175	62
Na	mg/kg	152	545	210	1100	213	150	19
Mn	mg/kg	86	322	73	173	49	48	42
Zn	mg/kg	17	32	10	26	4	8	19
Cu	mg/kg	7	14	5	14	4	5	6

Kötöttebb, meszes talajokon a K, Ca, Mg elemekkel való trágyázás feleslegesnek minősülhet. A mikroelemek pótlását általában nem a talajbani abszolút hiányuk, hanem felvehetőségük indokolhatja.

6. táblázat: Az aratáskori őszi búza átlagos elemfelvétele 1989-ben

Elem jele	Mérték- Egység	07.17-én aratáskor				Fajlagos * Felvétel
		Szalma	Pelyva	Szem	Együtt	
N	kg/ha	24,1	7,2	117,9	149	24
K	kg/ha	49,2	3,9	21,5	75	12
Ca	kg/ha	17,4	1,4	1,8	21	3
P	kg/ha	2,6	1,0	19,6	23	4
Mg	kg/ha	4,1	0,7	6,1	11	2
Na	g/ha	1091	172	117	1380	225
Fe	g/ha	471	201	381	1053	171
Mn	g/ha	251	55	258	564	92
Zn	g/ha	20	9	117	146	24
Cu	g/ha	20	6	37	63	10

\*1 t szemtermés és a hozzátartozó melléktermés elemtartalma

Tavasszal 1989. március 3-án történt talajmintavétel, illetve talajelemzés eredményei szerint a N-trágyázás hatására nőtt a 0-60 cm talajréteg NO<sub>3</sub>-N készlete, míg az NH<sub>4</sub>-N forma mennyisége érdemben nem változott. A műtrágya NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> hatóanyaga teljesen NO<sub>3</sub>-N formává alakult ezen a jól szellőzőtt meszes talajon és döntően a szántott réteg alá húzódott a téli csapadékkal. Amint a 7. táblázatban megállapítható, a NO<sub>3</sub>-N forma a kontroll talajon is közel 3-szorosa az NH<sub>4</sub>-N formának, míg ez az arány a N-nel bőségesen trágyázott talajon mintegy a 10-szeresére tágul.

7. táblázat: N-trágyázás utóhatása a 0-60 cm talaj KCl-oldható NH<sub>4</sub>-N és NO<sub>3</sub>-N tartalmára 1989.03.03-án

Talaj cm	N-trágyázás, kg/ha/év				SzD <sub>5</sub> %	Átlag
	0	100	200	300		
NH <sub>4</sub> -N, mg/kg						
0-20	5,4	6,8	7,2	7,0	2,2	6,6
20-40	6,0	4,8	5,0	6,8		5,6
40-60	4,1	3,5	5,8	7,1		5,1
SzD <sub>5</sub> %			1,6			0,8
Átlag	5,2	5,0	6,0	6,9	1,7	5,8
NO <sub>3</sub> -N, mg/kg						
0-20	12	19	24	25	11	20
20-40	15	34	52	78		45
40-60	14	31	57	78		45
SzD <sub>5</sub> %			10			5
Átlag	14	28	45	60	8	37

8. táblázat: A kezelések talajainak N-mérlege 1989 tavaszán, kg/ha

Mérleg tételi	N-trágyázás, kg/ha/év				SzD <sub>5</sub> %	Átlag
	0	100	200	300		
Adott N	-	100	200	300	-	150
Növényi felvétel	100	100	100	100	-	100
Különbség	- 100	0	+100	+200	-	50
Talajban talált	42	84	135	180	32	110
Különbség	-	42	93	138	32	68
Adott %-ában	-	42	47	48	-	45

Közelítő számítás szerint 1 mg/kg N 3 kg/ha mennyiségnek tekinthető a 0-20 cm szántott réteg térfogattömegét 1,5-ös szorzóval figyelembe véve. A 0-60 cm talajréteg NO<sub>3</sub>-N készlete ennek megfelelően 42, 84, 135, 180 kg/ha mennyiségnek adódik a 7. táblázat adatai szerint az egyes N-kezelések átlagaiban. A N-kezelések talajának egyszerűsített N mérlegét a 8. táblázatban kíséreljük megbecsülni. Előző évben a tavaszi árpa aratáskori termésével 100 kg/ha körüli N-kivonás történt kezelésektől

függetlenül. A talaj N-mérlege 1989 tavaszán -100 és +200 kg/ha N között ingadozott. A talajban 42-180 kg/ha közötti  $\text{NO}_3\text{-N}$  készlet tükrözte a N-mérleget. Az adott N-nek tehát átlagosan 45 %-a volt kimutatható a 0-60 cm vizsgált rétegben.

Természetesen az adott műtrágya-N ismeretlen része a 60 cm alá mosódhatott, esetleg egy része a légkörbe kerülhetett stb. A növény valójában nem a frissen bevitt műtrágya-N-t hasznosította, amennyiben az mikrobiális transzformációnak is alávetett. Hasonló egyszerűsített N-forgalmi vizsgálat azonban a gyakorlati szaktanácsadást orientálhatja. Ismert, hogy a 0-60, vagy 0-90 cm gyökérjárta réteg  $\text{NO}_3\text{-N}$  készlete műtrágya-N egyenértékű. Kísérletek és kísérleteink szerint is a tavaszi  $\text{NO}_3\text{-N}$  készlettel a N-műtrágya iránti igény csökkenthető. Adott esetben nem tudjuk, hogy az adott N-nek hány %-a lehet a 60 cm alatti, a növények számára még elérhető és hasznosítható az 1 m mélységben.

## Összefoglalás

Mészlepedékes csernozjom vályogtalajon beállított szabadföldi kísérletben vizsgáltuk a N x Cu elemek közötti kölcsönhatásokat 1989-ben őszi búzával. Termőhely talaja a szántott rétegben 3 % humuszt, 5 % körüli  $\text{CaCO}_3$ -ot, 20 % körüli agyagot tartalmazott. Talajelemzések alapján a terület jó Ca, Mg, K, Mn, kielégítő Cu, valamint gyenge-közepes P és Zn ellátottságú volt. A talajvíz 13-15 m mélyen található, a terület aszályérzékeny. A kísérletet  $4\text{N} \times 3\text{Cu} = 12$  kezelés x 3 ismétlés = 36 parcellával állítottuk be. A N 0, 100, 200, 300 kg/ha, a Cu 0, 50, 100 kg/ha adagokat jelentett Ca-ammóniumnitrát, illetve  $\text{CuSO}_4$  formájában. Az árpilis, május és a július hónapokat aszály jellemezte. Főbb eredmények:

A N-trágyázással a bokrosodás végén mért légszáraz hajtás és az aratáskor mért szalma tömege 24 %-kal emelkedett a N-kontrollhoz viszonyítva. A szemtermés igazolható többletet már nem jelzett. A Cu-trágyázás a terméstömeget nem befolyásolta. Összesen 12,4 t/ha légszáraz biomassa képződött melyből a fő-és melléktermés 50-50 %-ban részesedett. A biomassa közel 2/3-át a generatív szakasz 50 napja alatt (virágzás kezdetétől aratásig) halmozta fel a búza.

A N-kínálattal általában emelkedett a növényi szövetek N, K, Ca, Mg, Na elemtartalma, tehát a N-bőség serkentette a főbb kationok beépülését. A N x Cu kezelések eredményeképpen a Cu koncentrációja 50-100 %-kal nőtt a fiatal növények hajtásában, illetve gyökerében. A gyökér átlagosan 2-szer gazdagabb Cu-ban, mint a hajtás. A gyökér volt az egyéb mikroelemek és a Mg akkumulációs szerve. A bokrosodás végén mért hajtás összetétele alapján megállapítható, hogy az állomány kielégítően ellátott volt N, P, K, Mn, Cu elemekben. A Ca és Mg az irodalmi optimumhoz viszonyítva ezen a meszes talajon emelkedett, míg a Zn alacsony koncentrációt mutatott. A búza fajlagos, azaz 1 t szem + a hozzátartozó melléktermés elemtartalma 24 kg N, 14 kg  $\text{K}_2\text{O}$ , 9 kg  $\text{P}_2\text{O}_5$ , 4 kg CaO, 3-4 kg MgO mennyiségnek felelt meg. Adataink felhasználhatók a tervezett termés elemszükségletének megállapításakor a szaktanácsadásban. A 0-60 cm talajréteg  $\text{NO}_3\text{-N}$  készlete 1989 tavaszán tükrözte a N-kezeléseket 42, 84, 135, 180 kg/ha  $\text{NO}_3\text{-N}$  tartalommal. Az adott N mintegy 45 %-a volt átlagosan kimutatható a vizsgált 0-60 cm rétegben. Nem ismert a mélyebb rétegekbe mosódott, illetve esetleg a denitrifikációval fellépő veszteség.

### 3.5. Őszi árpa 1990-ben

Az első kísérleti évben 1988-ban tavaszi árpával végzett vizsgálatok eredményei szerint a N-trágyázás 20-25 %-os termésnövekedést eredményezett a lucerna elővetemény leszántása után. A Cu-trágyázás hatástalan maradt. Ami az elemösszetételt illeti, a Cu döntően a gyökérben dúsult, ahol a kontroll talajon mért Cu-tartalom a 28 mg/kg értékről ötszörösére 144 mg/kg-ra ugrott. A hajtás Cu koncentrációja ugyanakkor érdemben nem változott, a Cu növényen belüli vertikális transzportja gátolt volt. Talajvizsgálati adataink szerint ugyanakkor a bevitt Cu-trágya gyakorlatilag teljes mennyisége kimutatható volt a szántott rétegben KCl+EDTA oldható formában (Kádár és Csathó 2012a).

A kísérlet 2. évében 1989-ben őszi búzát termesztettünk. A N-trágyázás csak a szalma termését növelte, míg a Cu-trágyázás hatástalan volt. A N-kínálattal általában emelkedett a búza szerveinek N és a kationok koncentrációja. A gyökér 2-szer gazdagabb volt Cu-ben, mint a fiatal hajtás. A Mg és a vizsgált mikroelemek a gyökérben dúsultak. A 0-60 cm talajréteg NO<sub>3</sub>-N készlete 1989 tavaszán a 0, 100, 200, 300 kg/ha/év kezelésben 42, 84, 135, 180 kg/ha mennyiséget tett ki, tükrözve a N-terhelést (Kádár és Csathó 2012b).

Ugyanezen a talajon 1979-ben vizsgáltuk a NPK ellátottsági szintek hatását az őszi árpára. A kielégítő PK-ellátottságot a szántott réteg 140-200 mg/kg AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, illetve K<sub>2</sub>O tartománya, illetve a N-ellátást a 100 kg/ha/év körüli N-adag biztosította. Megállapítottuk, hogy az állomány kiegyensúlyozott NPK ellátottságát a bokrosodáskori hajtás összetétele jól jellemezheti az irodalmi adatokkal összhangban (Kádár 2000).

A „Kompolti Korai” fajtájú őszi árpát 1989. szeptember 29-én vetettük el 5-6 cm mélyre és gabonasortávolságra, kb. 300 kg/ha vetőmagnormával. A főbb agrotechnikai műveleteket és módszertani megfigyeléseket az 1. táblázat tekinti át. Megemlítjük, hogy általában az üzemekben szokásos agrotechnikát alkalmaztuk.

Állománybonítást végeztünk bokrosodás, virágzás idején és aratás előtt. Parcellánként 4-4 fm területről gyökeres növénymintákat vettünk bokrosodás végén. A hajtást hasonló módon mintáztuk virágzás kezdetén. Aratás előtt parcellánként mintakévet vettünk. A növénymintáknak meghatároztuk a friss és a légszáraz tömegét, majd analízisre finomra őröltük. A növényeket vizsgáltuk makro elemekre, illetve mikroelemekre. Talajmintákban meghatároztuk a KCl+EDTA oldható Cu-tartalmat, valamint a KCl-kicserélhető NH<sub>4</sub>-N és NO<sub>3</sub>-N tartalmat MÉM NAK (1978), illetve Baranyai et al. (1987) által ismertetett eljárásokkal.

A tenyésztés közel 9 hónapja alatt összesen 323 mm csapadék hullott. Az elővetemény őszi búza betakarítása és az őszi árpa vetése közötti 1,5 hónap alatt azonban még 143 mm eső esett, tehát elvileg az őszi árpa kielégítő 466 mm csapadékkal rendelkezhetett. A havi csapadékösszegek 1990-ben az alábbiak voltak: január 34, február 3, március 15, április 67, május 39, június 90 mm. A június közepén érkezett nagyobb eső csapadékát az állomány már nem igazán tudta hasznosítani, a május viszont kevés esőt hozott. Ebből adódóan csak mérsékelt termések képződtek, illetve mérsékelt N-hatások jelentkeztek.

**1. táblázat: Főbb agrotechnikai műveletek és megfigyelések a kísérletben**

Műveletek megnevezése	Időpontja	Egyéb megjegyzések
1. Őszi műtrágyázás (N, P, K)	1989.09.25	Parcellánként kézzel
2. Szántás kb. 20 cm mélyre	1989.09.26.	MTZ-50+Lajta eke
3. Szántás elmunkálása	1989.09.26.	MTZ-50+tárcsa, kombinátor
4. Vetés+hengerezés	1989.09.29.	MTZ-50+vetőgép+henger
5. Kelés, sorolás	1989.10.12.	Egységesen az egész kísérlet
6. Tavaszi N-műtrágyázás	1990.03.12.	Parcellánként kézzel
7. Bonitálás bokrosodásban	1990.03.12.	Parcellánként 1-5 skálán
8. Gyökeres növénymintavétel	1990.04.19.	Parcellánként 4 fm = 0,5 m <sup>2</sup>
9. Bonitálás virágzáskor	1990.05.16.	Parcellánként 1-5 skálán
10. Mintavétel/hajtás/virágzásban	1990.05.16.	Parcellánként 4 fm = 0,5 m <sup>2</sup>
11. Mintakéve aratáskor	1990.06.21.	Parcellánként 4 fm = 0,5 m <sup>2</sup>
12. Kombájnolás	1990.06.21.	Parcellánként 2 x 15 = 30 m <sup>2</sup>
13. Mintakévek cséplése	1990.08.21.	labor cséplő parcellánként
14. 1000-szem számlálás	1990.08.23.	Parcellánként 4 x 500 db mag

Megjegyzés: Kompolti korai fajta 5-6 cm mélyre vetve gabonasortávra kb. 300 kg/ha vetőmagnormával

**Kísérleti eredmények**

A N-trágyázás hatását az őszi árpa fejlődésére és termésére a 2. táblázatban tanulmányozhatjuk. A N-kontrollhoz viszonyítva javult az állomány fejlettsége, nőtt a magassága és tömege a mérsékelt N-trágyázással. Az adatokból látható, hogy a kísérlet hibáját is tekintetbe véve az optimális N-adagnak a 100 kg/ha/év bizonyult. A humuszos csernozjom N-szolgáltatását a 3 évvel korábban leszántott lucerna elővetemény utóhatása is növelhette, így a 200 és 300 kg/ha/év N-adagok már túltrágyázást eredményezhettek. A szemtermésben a N-túlsúly terméscsökkenést okozott. Az 1000-mag tömege kezeléstől függetlenül 37 g körüli volt. A N-túlsúly főként a kalászonkénti szemek számát mérsékelte. Az összes földfeletti légszáraz biomassa aratás idején 6,6-8,8 t/ha között ingadozott.

A N-kínálattal emelkedett a növényi szervek N és kation/fém makro- és mikroelemeinek koncentrációja. A P esetben viszont esetenként a hígulással fellépő koncentráció csökkenése figyelhető meg. Összesen 10 elemet vizsgáltunk, 5 makro- és 5 mikroelemet. A fiatalkori állományban bokrosodás végén 7 elem tartalma módosul igazolhatóan a N-adagok függvényében. Virágzás idején 6 elem, aratáskori szalmában 5 elem, pelyvában 4, míg a szemben már csak 2 elem változik kimutathatóan. A szem genetikailag védett növényi szerv, jobban ellenáll a változásnak, stabilitás jellemzi (3. táblázat).

**2. táblázat: N-trágyázás hatása az őszi árpa fejlődésére és termésjellemzőire, 1990**

N-adag kg/ha/év	Bonitálás állományra			Magasság, cm	Hajtás	Gyökér	Hajtás	Gyökér
	03.12	05.16	06.21.	05.16.	04.19. zöld, g	04.19-én légszáraz, g		
0	3,0	3,0	2,8	69	393	114	88	25
100	3,7	4,6	5,0	77	505	148	106	26
200	4,7	4,7	4,6	75	523	161	111	27
300	4,3	4,7	4,3	74	553	172	121	28
SzD <sub>5%</sub>	1,1	0,9	1,0	6	86	41	12	3
Átlag	3,9	4,2	4,2	74	494	156	106	27

N-adag kg/ha/év	Hajtás 05.16-án, g		Szem db/kalász	06.21-én aratáskor, t/ha				
	Zöld	Légszáraz	06.21.	Szalma	Pelyva	Együtt	Szem	Összes
0	707	231	22	2,45	0,47	2,92	3,65	6,57
100	987	300	27	3,15	0,56	3,72	5,07	8,79
200	998	299	26	3,22	0,52	3,74	4,88	8,62
300	942	267	25	3,27	0,52	3,79	4,67	8,45
SzD <sub>5%</sub>	118	35	2	0,30	0,08	0,35	0,40	0,82
Átlag	909	274	25	3,02	0,52	3,54	4,57	8,11

Megjegyzés: Bonitálás 1 = gyengén, 5 = jól fejlett állomány. A 04.19-én, illetve 05.16-án vett minták tömege 4 fm = 0,5 m<sup>2</sup> területre vonatkozik. Kezeléstől függetlenül az ezerszem tömege átlagosan 37,3 g, a melléktermés / főtermés aránya 0,85 volt.

A növényi szervek Cu-tartalmának alakulását a 4. táblázatban szemléltetjük a N x Cu kétirányú táblázatban, hogy a kölcsönhatásokat érzékeltessük. Megfigyelhető, hogy a vegetatív földfeletti növényi részekben a N-trágyázás kifejezettebben növeli a Cu koncentrációját, mint a Cu-trágyázás. Sőt, a N-kontroll talajon a Cu adagolás hatástalan. A Cu-adagok viszont ugrásszerűen emelik a gyökér Cu-tartalmát 2-3-szorosára. A N x Cu trágyázás közötti kölcsönhatások eredményeképpen a kontrollon mért 5 mg/kg Cu mennyisége közel a 6-szorosára nő elérve a 29 mg/kg értéket. A gyökérben akkumulálódó Cu azonban nem vagy alig továbbítódik a földfeletti szervekbe.

Az őszi árpa átlagos elemösszetételét vizsgálva megállapítható, hogy a fiatal hajtás N, K, Ca, P elemekben gazdagabb, míg a Mg és a vizsgált mikroelemek a gyökérben dúsulnak. A virágzáskori hajtás jelentősen hígult a bokrosodáskorhoz viszonyítva a Cu és P elemeket kivéve. A generatív szemtermésben a N, P, Mg, Zn és Cu elemek koncentrációja jelentősen meghaladja a melléktermését. Ezek a szemképződés fontos tényezői (5. táblázat).

**3. táblázat: N-trágyázás hatása az őszi árpa elemtartalmára 1990-ben**

Elem jele	Mértékegység	N-trágyázás, kg/ha/év				SzD <sub>5%</sub>	Átlag
		0	100	200	300		
Hajtás 04.19-én bokrosodás végén							
N	%	1,86	2,56	3,03	3,00	0,30	2,61
K	%	2,64	3,00	3,32	3,12	0,26	3,02
Ca	%	0,51	0,63	0,66	0,69	0,14	0,62
Mg	%	0,12	0,14	0,14	0,16	0,02	0,14
P	%	0,22	0,18	0,18	0,17	0,02	0,19
Na	mg/kg	628	726	889	994	220	809
Mn	mg/kg	64	78	75	84	12	75
Gyökér 04.19-én bokrosodás végén							
N	%	1,78	2,17	2,13	2,35	0,33	2,11
K	%	1,26	1,43	1,44	1,60	0,22	1,43
Ca	%	0,41	0,59	0,66	0,56	0,14	0,56
Mg	%	0,19	0,21	0,21	0,24	0,03	0,21
Na	%	0,11	0,15	0,13	0,15	0,04	0,13
Mn	mg/kg	134	153	147	167	24	150
Zn	mg/kg	29	34	44	47	10	39
Hajtás 05.16-án virágzáskor							
N	%	0,93	1,56	1,87	2,09	0,38	1,61
K	%	1,57	1,93	1,95	2,14	0,30	1,90
Ca	%	0,35	0,45	0,52	0,61	0,18	0,48
Mg	%	0,09	0,10	0,11	0,11	0,02	0,10
Na	mg/kg	280	537	460	471	120	437
Mn	mg/kg	22	34	41	41	11	35
Szalma 06.21-én aratáskor							
N	%	0,26	0,37	0,54	0,63	0,20	0,45
K	%	1,20	1,42	1,45	1,50	0,22	1,39
Ca	%	0,44	0,39	0,51	0,59	0,06	0,48
Na	%	0,06	0,13	0,11	0,12	0,04	0,10
Mn	mg/kg	21	29	38	39	10	32
Pelyva 06.21-én aratáskor							
N	%	0,38	0,42	0,55	0,59	0,09	0,48
K	%	0,22	0,23	0,26	0,31	0,04	0,25
P	%	0,13	0,09	0,07	0,07	0,02	0,09
Mn	mg/kg	38	43	47	48	8	44
Szem 06.21-én aratáskor							
N	%	1,14	1,62	1,83	1,95	0,26	1,64
P	%	0,41	0,33	0,31	0,33	0,03	0,34

**4. táblázat:** A N és Cu kezelések hatása az őszi árpa Cu-tartalmára 1990-ben, mg/kg

Cu adag kg/ha	N-trágyázás, kg/ha/év				SzD <sub>5%</sub>	Átlag
	0	100	200	300		
Hajtás 04.19-én						
0	3,7	3,7	3,7	4,7	1,6	4,0
50	3,7	4,7	4,7	5,7		4,7
100	3,7	4,7	4,7	5,7		4,7
SzD <sub>5%</sub>		0,9				0,6
Átlag	3,7	4,4	4,4	5,4	0,8	4,5
Gyökér 04.19-én						
0	5	10	11	11	7	9
50	12	14	14	24		16
100	19	22	27	29		24
SzD <sub>5%</sub>		10				6
Átlag	12	15	17	21	4	16
Hajtás 05.16-án						
0	3,8	3,8	4,4	4,4	0,9	4,2
50	3,8	4,4	5,0	4,4		4,4
100	3,8	4,4	5,0	5,0		4,8
SzD <sub>5%</sub>		0,7				0,4
Átlag	3,8	4,2	4,8	4,6	0,6	4,3
Szalma 06.21-én						
0	2,0	2,0	2,0	2,5	0,8	2,1
50	2,0	2,0	2,8	2,8		2,4
100	1,8	3,0	3,0	3,2		2,8
SzD <sub>5%</sub>		0,7				0,4
Átlag	1,9	2,3	2,6	2,8	0,4	2,4
Pelyva 06.21-én						
0	2,0	1,8	2,8	3,0	0,8	2,4
50	2,2	2,2	3,5	3,0		2,7
100	2,8	3,0	3,8	4,2		3,5
SzD <sub>5%</sub>		0,9				0,5
Átlag	2,3	2,3	3,4	3,4	0,4	2,9
Szem 06.21-én						
0	1,8	2,0	2,0	2,5	0,8	2,1
50	1,8	2,5	2,8	2,2		2,3
100	1,8	3,0	3,0	3,2		2,8
SzD <sub>5%</sub>		0,9				0,5
Átlag	1,8	2,5	2,6	2,6	0,4	2,4



5. táblázat: A légszáraz őszi árpa szerveinek átlagos összetétele 1990-ben

Elem jele	Mértékegység	04.19-én bokrosodáskor		05.16-án Hajtás	06.21-én aratáskor		
		Hajtás	Gyökér		Szalma	Pelyva	Szem
N	%	2,61	2,11	1,61	0,45	0,48	1,64
K	%	3,02	1,43	1,90	1,39	0,25	0,42
Ca	%	0,62	0,56	0,48	0,48	0,22	0,07
P	%	0,19	0,12	0,20	0,08	0,09	0,34
Mg	%	0,14	0,21	0,10	0,06	0,07	0,12
Fe	mg/kg	710	2800	64	109	107	76
Na	mg/kg	859	1300	437	1050	365	124
Mn	mg/kg	75	150	35	32	44	23
Zn	mg/kg	15	42	10	4	5	138
Cu	mg/kg	4	9	4	2	3	37

Az aratáskori földfeletti terméssel kivont elemek mennyiségéről és eloszlásáról a 6. táblázat nyújt áttekintést. A kombájnnal szemterméssel távozik a tábláról a N, P, Mg makro elemek zöme. A 8 t/ha körüli földfeletti biomaszra 91 kg N, 62 kg K, 19 kg Ca, 18 kg P, 8 kg Mg mennyiséget épített testébe. A fajlagos, azaz 1 t szem + a hozzátartozó melléktermék elemtartalma 20 kg N, 14 kg K (17 kg K<sub>2</sub>O), 4 kg P (9 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 4 kg Ca (5-6 kg CaO), 2 kg Mg (3-4 kg MgO) mennyiségnek felel meg. Adataink felhasználhatók a tervezett termés elemigényének számításakor a szaktanácsadásban.

6. táblázat: Az őszi árpa átlagos elemfelvétele aratáskor 1990-ben

Elem jele	Mértékegység	06.21-én				Fajlagos*
		Szalma	Pelyva	Szem	Együtt	
N	kg/ha	13,6	2,5	74,9	91	20
K	kg/ha	42,0	1,3	19,2	62	14
Ca	kg/ha	14,5	1,1	3,2	19	4
P	kg/ha	2,4	0,5	15,5	18	4
Mg	kg/ha	1,8	0,4	5,5	8	2
Na	g/ha	3171	190	567	3928	860
Fe	g/ha	329	56	347	732	160
Mn	g/ha	97	23	105	225	49
Zn	g/ha	12	3	631	646	141
Cu	g/ha	6	2	169	177	39

\*Fajlagos: 1 t szem + hozzátartozó melléktermék elemtartalma

## Összefoglalás

Mészlepedékes csernozjom vályogtalajon beállított szabadföldi kísérletben vizsgáltuk a N x Cu elemek közötti kölcsönhatásokat 1990-ben őszi árpával.

Termőhely talaja a szántott rétegben 3 % humuszt, 5 % körüli  $\text{CaCO}_3$ -ot, 20 % körüli agyagot tartalmazott. Talajelemzések alapján a terület jó Ca, Mg, K, Mn, kielégítő Cu, valamint gyenge-közepes P és Zn ellátottságú volt. A talajvíz 13-15 m mélyen található, a terület aszályérzékeny. A kísérletet  $4\text{N} \times 3\text{Cu} = 12$  kezelés  $\times 3$  ismétlés = 36 parcellával állítottuk be. A N 0, 100, 200, 300 kg/ha, a Cu 0, 50, 100 kg/ha adagokat jelentett Ca-ammóniumnitrát, illetve  $\text{CuSO}_4$  formájában. Főbb eredmények:

Az őszi árpa szemtermését a 100 kg/ha/év N-trágyázás átlagosan mintegy 39 %-kal emelte. A nagyobb N-adagok tendenciózusan viszont természsökkenést eredményeztek. A Cu-trágyázás a termést nem befolyásolta. A N-terheléssel nőtt a növényi szervek N és a vizsgált kationok koncentrációja. A vegetatív földfeletti szervekben a N-kínálat kifejezettebben növelte a Cu felvételét, mint a Cu-trágyázás. A gyökér Cu-tartalma viszont a N és a Cu adagolásával egyaránt látványosan 2-3-szorosára emelkedett. A N  $\times$  Cu pozitív kölcsönhatás eredményeképpen a kontrollon mért 5 mg/kg Cu mennyisége 6-szorosára, 29 mg/kg értékre ugrott. A gyökérben akkumulálódó Cu ugyanakkor nem vagy csak kis mértékben továbbítódott a földfeletti szervekbe. A Cu vertikális mozgása gátolt volt.

### 3.6. Kukorica 1991-ben

Jelen munkánkban a N és a Cu kezelések hatását taglaljuk a kukorica fejlődésére, termésére, a növény szerveinek fontosabb makro- és mikroelemeinek tartalmára, valamint a fő- és mellékterméssel kivont elemek mennyiségére. A termőhely talajviszonyait, valamint a kísérlet körülményeit előző közleményeink ismertetik (Kádár és Csathó 2012, 2013 a, b).

A kukorica műtrágyázásával foglalkozó nagyszámú egyedi közlést nem taglaljuk. Az 1960-1990. évek között publikált 44 kukorica tartamkísérlet főbb eredményeit a közelmúltban Csathó (1997) foglalta össze. A szerző ezt követően áttekintette a kukorica N-hatásokat befolyásoló tényezőit 65, a P-hatások tényezőit 155, a K-hatások tényezőit 73 szabadföldi kísérlet adatai alapján, melyeket hazai szerzők publikáltak 1960 és 2000 között. Megállapítása szerint a termőhelyek szántott rétegének optimális PK ellátottsági tartománya, ahol a P és K műtrágya hatástalanná válhat, 150-200 mg/kg AL-oldható  $\text{P}_2\text{O}_5$ , illetve  $\text{K}_2\text{O}$  tartalom (Csathó 2003a, b; 2005).

A Pioneer 3732 hibridet április végén vetettük el 5-7 cm mélyre, 70 x 25 cm sor x tőtávra, 20 kg/ha vetőmaggal. A 4-6 leveles korban 20-20 gyökeres növényt, virágzás elején 20-20 db csóalatti levelet, majd betakarítás előtt 20-20 db csöves mintakévéket szedtünk parcellánként. Ekkor határoztuk meg az összes termő és meddő tövek számát is, szintén parcellánként. Mértük a minták friss és légszáraz tömegét, majd előkészítettük analízisre. Az 1000-szem számlálás 4x500 szem mérésén alapult kezelésként. A betakarítás október 17-én történt parcellakombájnnal. A szár és a csutka termésének tömegét, illetve a morzsolási arányt a mintakévék feldolgozása nyomán számoltuk. A főbb agrotechnikai műveleteket és módszertani/mintavételi eljárásokról az 1. táblázat nyújt áttekintést.

Az őszi árpa elővetemény betakarítását követően még 1990 augusztusában 24, szeptemberben 60, októberben 59, novemberben 48, decemberben 12 mm csapadék hullott, tehát összesen 203 mm. Majd 1991-ben január 17, február 17, március 20,

április 20, május 58, június 22, július 98, augusztus 92, szeptember 16 mm esőt adott. A talaj vízkészlete tehát 1990-ben többé-kevésbé feltöltődhetett, de 1991. év első fele kimondottan szárazra hajló volt. A N trágyahatások elmaradtak, illetve a N-túlsúly a vegetatív termés csökkenéséhez vezetett. A virágzás idején július-augusztusban hullott bőséges csapadék 7-8 t/ha szemtermést eredményezett és a N-depresszió a generatív szakaszban már nem volt igazolható.

*1. táblázat: Agrotechnikai műveletek és megfigyelések a kukoricakísérletben*

N.	Műveletek megnevezése	Időpontja	Egyéb megjegyzések
1.	Őszi műtrágyázás (N, P, K)	1990.09.09.	Parcellánként kézzel
2.	Egyirányú szántás	1990.09.09.	MTZ-50+Lajta eke
3.	Fogasolás	1991.03.27.	MTZ-50+fogas
4.	Tavaszi N-műtrágyázás	1991.04.15.	Parcellánként kézzel
5.	Kombinátorozás	1991.04.15.	MTZ-50+kombinátor
6.	Vetés (Hibrid: Pi 3732)	1991.04.30.	MTZ-50+SPC-6 vetőgép
7.	Sorközművelés, tőszámbeállítás	1991.05.20.	Parcellánként kézzel
8.	Növénymintavétel (4-6 leveles)	1991.07.02.	Parcellánként 20 gyökeres tő
9.	Bonitálás állományra	1991.07.02.	Parcellánként 1-5 skálán
10.	Bonitálás címerhányáskor	1991.08.04.	Parcellánként 1-5 skálán
11.	Levélmintavétel	1991.08.06.	Parcellánként 20 db csőalatti levél
12.	Bonitálás aratás előtt	1991.10.17.	Parcellánként 1-5 skálán
13.	Mintakéve szedése	1991.10.17.	Parcellánként 20 tő csővesen
14.	Betakarítás	1991.10.17.	Parcellánként 13 x 2,8 = 36,4 m <sup>2</sup>
15.	Ezerszem számlálása	1991.11.19.	Parcellánként 4 x 500 szem
16.	Mintakévek feldolgozása	1991.11.25.	Parcellánkénti cséplés, mérések
17.	Minták szárítása, őrlése	1991.12.10.	Parcellánkénti előkészítés

Megjegyzés: Vetés 5-7 cm mélyre 70 x 25 cm sor x tőtávra 20 kg/ha vetőmagnormával

#### Kísérleti eredmények

A N-trágyázás 4-6 leveles korban és címerhányás/virágzás elején egyaránt mérsékelte az állomány fejlettségét, magasságát. Aratás idején ez a negatív hatás nem volt igazolható a bonitálás eredményeiben. Megállapítható volt azonban, hogy a N-túlsúly csökkentette az összes, ezen belül a termő tövek számát. A szemszám/termő tő kereken 400 db, szemtömeg/cső 110 g, az 1000-szem tömege 278 g, a morzsolási arány 88 % volt átlagosan. A szemszám/m<sup>2</sup> 2.700 db, azaz mintegy 27 millió körüli szem képződött hektáronként a 2. táblázat adatai szerint.

A NxCu kezelések hatását a légszáraz kukoricára a 3. táblázatban foglaltuk össze. A fiatal hajtás, az aratáskori szár és szem tömegét a N-túlsúly mérsékelte, míg a Cu-trágyázás igazolhatóan növelte. A pozitív Cu-hatások alapvetően a N-kontroll kezelésekből figyelhetők meg, tehát a N-túltrágyázás okozta depressziót a N-adagok érdemben nem tudták ellensúlyozni. Megemlítjük, hogy a légszáraz 4-6 leveles korú gyökér tömegét a N-túlsúly a N-kontrollon mért 24 g/20 db értékről 19 g/20 db-ra

mérsékelté igazolhatóan. A csutka kereken 1 t/ha volt átlagosan, a szemtermés 12 %-a, a morzsolási arány tehát 88 %-nak adódott.

**2. táblázat:** N hatása a kukorica fejlődésére és az aratáskori tőszámra

N kg/ha/év	Bonitálás (1 = gyengén, 5 = jól fejlett)			Tőszámlálás aratáskor, 1000 db/ha		
	07.02-án	08.04-én	10.17-én	Összes	Termő	Meddő
0	3,0	3,9	4,1	80	71	9
100	2,3	3,1	4,3	77	66	11
200	2,7	3,4	4,4	78	69	9
300	2,4	3,2	4,1	75	65	10
SzD <sub>5%</sub>	0,5	0,5	0,4	5	4	3
Átlag	2,6	3,4	4,3	77	68	10

Megjegyzés: Szemszám/termő tő átlagosan 399 db, szemtömeg/cső 111 g, szemszám db/m<sup>2</sup> 2700 db, ezerszemtömeg 278 g, morzsolási arány 88 %, effektivitás 67 % volt a kezelésektől függetlenül

**3. táblázat:** A N x Cu kezelések hatása a légszáraz kukorica termésére 1991-ben

Cu adag kg/ha	N-trágyázás, N kg/ha/év				SzD <sub>5%</sub>	Átlag
	0	100	200	300		
Légszáraz 4-6 leveles hajtás, g/20 db						
0	75	70	66	71		70
50	82	68	90	71	14	78
100	103	70	73	69		79
SzD <sub>5%</sub>			12			6
Átlag	86	69	77	70	8	76
Légszáraz 4-6 leveles gyökér, g/20 db						
Átlag	24	20	21	19	2	21
Légszáraz szár, t/ha						
0	4,8	4,2	4,0	4,2		4,3
50	4,6	4,5	4,0	4,0	1,0	4,3
100	5,9	5,2	4,6	4,0		4,9
SzD <sub>5%</sub>			0,8			0,4
Átlag	5,1	4,6	4,2	4,1	0,5	4,5
Légszáraz szem, t/ha						
0	7,4	6,8	7,0	7,0		7,0
50	7,6	7,6	8,4	7,7	1,0	7,8
100	8,6	7,5	7,4	7,2		7,7
SzD <sub>5%</sub>			0,8			0,4
Átlag	7,8	7,3	7,6	7,3	0,5	7,5

3. táblázat (folyt) A N x Cu kezelések hatása a légszáraz kukorica termésére 1991-ben

Cu adag kg/ha	N-trágyázás, N kg/ha/év				SzD <sub>5</sub> %	Átlag
	0	100	200	300		
Légszáraz szár + csutka + szem, t/ha						
0	13,3	12,0	12,0	12,2	1,8	12,3
50	13,3	13,2	13,5	12,8		13,2
100	15,7	13,7	13,0	12,2		13,6
SzD <sub>5</sub> %			1,6			0,8
Átlag	14,1	13,0	12,8	12,4	0,9	13,0

Csutka kerekén 1 t/ha átlagosan, a morzsolási arány 88 %

A 4-6 leveles hajtás, illetve a címerhányáskori levél N-tartalma nem nőtt a N-adagokkal. A kukorica N-hiányával már nem kell számolni amennyiben a hajtás 3,5 % körüli N, illetve a levél 2,5 % körüli koncentrációt ér el (*Bergmann 1992, Kádár 2004b*). Kísérletünkben a kielégítő N-ellátottság már a N-kontroll parcellákon is előállt, a N-túltrágyázás pedig nem vezetett a N luxusfelvételéhez. A gyökérben ugyanígy a N-akkumuláció igazolható. Az aratáskori szártermésben a N-kínálattal emelkedett a N, K, Ca elemek tartalma, míg a P%-a tendenciájában mérséklődött (4. táblázat).

4. táblázat: N-szintek hatása a kukorica elemtartalmára 1991-ben\*

N-szint kg/ha/év	Hajtás	Gyökér	Levél N%	Levél mg/kg		Aratáskori szártermésben, %			
	N%			Na	Zn	N	K	Ca	P
0	3,26	1,58	2,75	90	14	0,63	1,05	0,30	0,10
100	3,51	1,70	2,71	151	14	0,98	1,22	0,32	0,09
200	3,33	1,80	2,91	165	15	0,86	1,18	0,34	0,08
300	3,36	1,95	2,77	151	17	0,86	1,40	0,36	0,08
SzD <sub>5</sub> %	0,30	0,22	0,16	44	2	0,10	0,20	0,04	0,02
Átlag	3,37	1,76	2,78	139	15	0,83	1,21	0,33	0,09

\*Hajtás és gyökér 4-6 leveles korban, levél virágzás elején

A Cu-trágyázás hatását vizsgálva megállapítható, hogy a Cu-kínálattal a tövenkénti szemek száma, illetve a csövenkénti szemsúly emelkedett. Az 1000-szem tömege terméselemre a Cu-kezelések nem hatottak, mely a kezelésektől függetlenül 278 g-ot tett ki átlagosan. A növényi szervek Cu-koncentrációját a Cu-trágyázás eltérően befolyásolta. A szemtermés Cu-tartalma nem módosult, a földfeletti vegetatív növényi részek Cu-tartalma átlagosan 1/3-ával nőtt, míg a gyökér Cu-készlete 2,5-szeresére dúsult a Cu-adagolással. A Cu növényen belüli vertikális transzportja tehát gátolt (5. táblázat).

Hasonló eredményre jutottunk ugyanezen a mészlepedékes csernozjom vályog talajon korábban a nehézfémterhelési kísérletünkben, ahol a CuSO<sub>4</sub> formában

maximálisan 810 kg/ha Cu-terhelést alkalmaztunk. A földfeletti növényi szervekben, a kukorica fiatal hajtásában, virágzáskori levelében, a szárban vagy a szemtermésben érdemi Cu-dúsulást nem tapasztaltunk (Kádár et al. 2000).

Irodalmi adatok és saját vizsgálataink szerint a kukorica állománya kielégítően ellátottnak tekinthető diagnosztikai szempontból, amennyiben a csőalatti levelek elemtartalma virágzás kezdetén az alábbi határok között található: N 2,5-3,5 %; P 0,25-0,35 %; K 1,5-2,5 %; Ca 0,25-0,80 %; g 0,2-0,6 %; Fe 50-250, Mn 20-200, Zn 25-100, B-5-40, Cu 5-20 mg/kg szárazanyagban. A kiegyensúlyozott tápláltsági állapotot tükröző optimális elemarányok az alábbiak lehetnek iránymutató jelleggel: N/P 8-12, K/P 6-9, K/Ca 3-6, K/Mg 4-8, Mn/Zn 1-8, P/Fe 20-100, P/Mn 20-120, P/Zn 50-150, P/Cu 200-500, K/B 60-3000 (Kádár 2006).

**5. táblázat:** A Cu-trágyázás hatása a kukorica aratáskori terméselemeire, valamint a vegetatív légszáraz növényi szervek Cu-tartalmára

Cu kg/ha	Terméselemek aratáskor			Cu-tartalom, mg/kg			
	Szem db/tő	Szem g/cső	Szem db/m <sup>2</sup>	Hajtás	Gyökér	Levél	Szár
0	384	106	2552	17	14	14	7
50	409	114	2794	22	26	18	9
100	403	112	2759	22	35	18	10
SzD <sub>5%</sub>	10	6	218	3	5	3	2
Átlag	399	111	2702	20	25	17	9

Megjegyzés: 1000-szem tömege 278 g átlagosan

**6. táblázat:** A kukorica szerveinek átlagos elemtartalma 1991-ben

Elem jele	Mérték- egység	4-6 leveles korban		Virágzáskor Levél	Aratáskor	
		Hajtás	Gyökér		Szalma	Szem
N	%	3,37	1,76	2,78	0,83	1,28
K	%	4,20	2,40	1,81	1,21	0,30
Ca	%	0,63	0,65	0,58	0,33	<0,01
Mg	%	0,36	0,31	0,33	0,26	0,08
P	%	0,35	0,18	0,32	0,09	0,24
Fe	mg/kg	617	2900	195	584	23
Na	mg/kg	193	518	139	150	26
Mn	mg/kg	138	127	110	81	5
Zn	mg/kg	19	52	15	10	10
Cu	mg/kg	20	25	16	9	1,2

A 6. táblázat eredményei szerint tehát a címerhányás/virágzás idején a növények minden vizsgált elemében kielégítően ellátottak lehettek, a Zn kivételével. A főbb számított átlagos elemarányok alapján hasonló következtetésre juthatunk: N/P 8,7; K/P 5,7; K/Ca 3,1; K/Mg 5,5; Mn/Zn 7,0; P/Fe 16; P/Mn 29; P/Cu 188; P/Zn 213. A

Zn hiánya azonban limitáló tényezővé válhatott. Korábbi kísérleteink szerint amennyiben a P/Zn aránya 200 fölé emelkedik, indukált Zn-hiány léphet fel és a kukorica termése visszaeshet. Hasonló esetben a Zn-trágyázás hatékony lehet,  $\text{ZnSO}_4$  talajba juttatásával vagy Zn-hexamin permetezéssel a terméscsökkenés megszüntethető (Kádár 2004, Csathó 2002, Kádár és Turán 2002).

A 6. táblázat adataiból az is látható, hogy a fiatal hajtásban elsősorban a N, K és P, míg a gyökében a Fe, Na, Zn és Cu akkumulálódik. A virágzáselejei levél átmenetet képez összetételét tekintve a 4-6 leveles hajtás és a betakarításkori szalma között, legalábbis a N, K, Ca, Mg, P, Mn, Zn, Cu elemek terén. A szemtermésben a N és P elemek dúsulnak, míg a K, Ca, Mg, Fe, Na, Mn és Cu főként a szalmában raktározódott a kukorica átlagos összetétele alapján. A Ca a szemben 36 mg/kg koncentrációban fordult elő átlagosan, tehát valójában mennyisége alapján már mikroelemnek minősül.

Kombájn betakarításnál a tábla talaja főként N és P elemekben szegényedhet, mert a szalma leszántásával a K, Ca, Mg és a mikroelemek többsége visszakerül a talajba. Amint a 7. táblázatban látható, a 12 t/ha földfeletti légszáraz biomassa kereken 114 kg N, 77 kg K, 15 kg Ca, 18 kg Mg és 22 kg P elemet épített be. A Fe közel 3 kg-ot, a felvett Na 870, Mn 402, Zn 120, Cu 44 g-ot tett ki. Az 1 t szemtermés + a hozzátartozó melléktermés úgynevezett fajlagos elemtartalma 15 kg N, 10 kg K (12 kg  $\text{K}_2\text{O}$ ), 3 kg P (7 kg  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) mennyiségnek adódott. Adataink felhasználhatók a tervezett kukoricatermés elemszükségletének becslésekor a szaktanácsadásban.

7. táblázat: A kukorica átlagos elemfelvétele betakarításkor 1991-ben

Elem jele	Mértékegység	Szalma 4,5 t/ha	Szem 7,5 t/ha	Együtt 12,0 t/ha	*Fajlagos Tartalom
N	kg/ha	37,4	77,1	114	15
K	kg/ha	54,4	22,5	77	10
Ca	kg/ha	14,8	0,3	152	2
Mg	kg/ha	11,7	6,0	18	2
P	kg/ha	4,0	18,0	22	3
Fe	g/ha	2628	172	2800	373
Na	g/ha	675	195	870	116
Mn	g/ha	364	38	402	54
Zn	g/ha	45	75	120	16
Cu	g/ha	36	8	44	6

\*1 t szem + a hozzátartozó melléktermés elemtartalma

## Összefoglalás

Mészlepedékes csernozjom vályogtalajon beállított szabadföldi kísérletben vizsgáltuk a N x Cu elemek közötti kölcsönhatásokat 1991-ben kukoricával. Termőhely talaja a szántott rétegben 3 % humuszt, 5 % körüli  $\text{CaCO}_3$ -ot és 20 % körüli agyagot tartalmazott. Talajelemzések alapján a terület jó Ca, Mg, K, Mn, kielégítő Cu, valamint gyenge-közepes P és Zn ellátottságú volt. A talajvíz 13-15 m

mélyen található, a terület aszályérzékeny. A kísérletet  $4N \times 3Cu = 12$  kezelés  $\times 3$  ismétlés = 36 parcellával állítottuk be osztott parcellás (split-plot) elrendezéssel. A N 0, 100, 200, 300 kg/ha, a Cu 0, 50, 100 kg/ha adagokat jelentett Ca-ammóniumnitrát, illetve  $CuSO_4$  formájában. Az árpilis, május és a július hónapokat aszály jellemezte. Főbb eredmények:

1. Az 1991. év első fele erősen csapadékhányos volt, a N-trágyázás termésű csökkenést eredményezett. Igazolhatóan mérséklődött a termőtövek száma, az 1000-szem tömege is mérsékelte, 278 g maradt. A Cu-trágyázással igazolhatóan emelkedett az egy töre eső szemek száma, illetve a csövenkénti szemtömeg. A szemtermés 7,0-8,6 t/ha között változott az  $N \times Cu$  kezelések nyomán.
2. A N-túlsúly nyomán nőtt a 4-6 leveles korú gyökér N%-a, a virágzáselejei levelek N és Zn felvétele, valamint az aratáskori szár N, K, Ca koncentrációja. A Cu-trágyázással a fiatal hajtás, virágzáselejei levél és a szár Cu-tartalma átlagosan igazolhatóan 1/3-ával emelkedett a kontrollhoz viszonyítva. A gyökér Cu-készlete viszont 2,5-szeresére ugrott a Cu adagolással. A Cu növényen belüli vertikális mozgása gátolt volt.
3. A 12 t/ha (szem+szár) földfeletti biomasszába kerekén 114 kg N, 77 kg K, 15 kg Ca, 18 kg Mg, 22 kg P épült be. Az 1 t szem + a hozzátartozó melléktermés úgynevezett fajlagos elemtartalma 15 kg N, 10 kg K (12 kg  $K_2O$ ), 3 kg P (7 kg  $P_2O_5$ ), illetve 3 kg körüli CaO és MgO mennyiségnek adódott. Adataink felhasználhatók a tervezett kukoricatermés elemszükségletének számításakor a szaktanácsadásban.

### 3.7. Tritikále 1992-ben

#### Bevezetés és irodalmi áttekintés

Magyarországon a tritikále gyakorlatilag mindenütt megterem és kiváló takarmányt adhat. Elterjedésével a jobb talajon termett kukorica vagy búza nagyobb része exportálható, valamint a fehérjeforrásul szolgáló szójaliszt importja mérsékelhető. Korábbi vizsgálataink szerint savanyú homoktalajon a magtermés 1,4-2,5 % N-t mutatott, azaz 9-16 % nyersfehérjét tartalmazott az évektől, döntően azonban a trágyázástól függően (Kádár és Szemes 1994, Kádár et al. 1999). Hasonló eredményekről számol be Duna-Tisza közti meszes homokon beállított trágyázási kísérletében Lásztity (1986).

Korábban Lásztity (1984) összehasonlította a rozs és a tritikále szemtermésének ásványi összetételét egy NPK műtrágyázási kísérletben és megállapította, hogy a két növény makro- és mikroelem készlete érdemben nem tér el egymástól. A tritikále termése a trágyázatlan kontrollon 1,4; NPK-trágyázotton 3,8 t/ha, míg ugyanitt a rozs 2,4 és 3,8 t/ha magtömeget adott. Részletes vizsgálatokat közölt a növény szárazanyagának gyarapodásáról és tápelemtartalmának változásáról is a tenyésztő folyamán, valamint az NPK kezelések függvényében meszes homoktalajon (Lásztity 1987, 1988).

Ami az 1 t magtermés és a hozzá tartozó melléktermés fajlagos elemtartalmát illeti Lásztity és Biczók (1987-1988) az alábbi értékeket közli, mint kísérleti átlagokat: 30 kg N, 11 kg  $P_2O_5$ , 24 kg  $K_2O$ , 4 kg Ca, 2 kg Mg, 300 g Fe, 98 g Mn, 35 g Zn és 10 g Cu. Legnagyobb szórásokat a N-készlet mutatta, mely a kontrollon 24 kg, az NPK trágyázotton 32 kg értéket jelzett a meszes homokon. Savanyú homoktalajon



beállított nyírlugosi tartamkísérletünkben a kedvező 1991. évben 25-30 kg N, 10-12 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 18-24 kg K<sub>2</sub>O, 2-3 kg Ca, 2 kg Mg, 70-140 g Fe, 200-600 g Mn, 45-80 g Zn és 7-11 g Cu fajlagosok adódtak (Kádár és Szemes 1994).

A fenti adatokat összevetve látható, hogy míg a N, P, K, Cu fajlagosok átlagai közelállók a két eltérő termőhelyen, addig a meszes talajon emelkedett Ca és Fe, ill. csökkent Mn és Zn értékek jellemzők. A fajlagos mikroelem-tartalmakat közvetlenül nem használjuk trágyaigény becslésére a szaktanácsadás során, hiszen a mikroelemek felvehetőségét általában nem a talajbani mennyiségük, hanem egyéb talajtulajdonságok szabályozzák. A fontosabb makro elemek fajlagosai, elsősorban a N, P és K viszont iránymutatóul szolgálhatnak.

A kísérlet 1. évében 1988-ban tavaszi árpát 1989-ben őszi búzát, 1990-ben őszi árpát 1991-ben kukoricát termesztettünk. Ezt követően a kísérlet 5. évében tritikálét vetettünk. Tavasszal a 15 m hosszú parcellákat megfeleztük és egy 1 m-es úttal elválasztottuk. Az osztott parcellás (split-plot) elrendezésű kísérletünk sávos split-plot elrendezésű lett 4N x 3Cu x 2Mo = 24 kezeléssel x 3 ismétléssel = 72 parcellával. A felezett parcellákra 48 kg/ha Mo-t szórtunk ki kora tavasszal N-fejtrágyával egyidőben. A Mo trágyát (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub> Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>·4H<sub>2</sub>O formában adagoltuk. A N és a Mo sókat a következő napok csapadéka a talajba mosta.

1. táblázat: Agrotechnikai műveletek és megfigyelések a tritikále kísérletben

Műveletek megnevezése	Időpontja	Egyéb megjegyzések
1. Őszi műtrágyázás (N, P, K)	1991.10.28.	Parcellánként kézzel
2. Szántás (0-20 cm)	1991.10.28.	MTZ-50+Lajta eke
3. Gyűrűshengerezés	1991.10.28.	MTZ-50+gyűrűshenger
4. Vetőágykészítés	1991.10.30.	MTZ-50+tárcsa és kombinátor
5. Vetés és hengerezés	1991.10.30.	MTZ-50+Lajta vetőgép
6. Hengerezés, magtakarás	1991.10.30.	MTZ-50+simahenger
7. Kelés, állomány sorol	1991.11.20.	Egységesen az egész kísérletben
8. Tavaszi N és Mo-trágyázás	1992.03.30.	Parcellánként kézzel
9. Bonitálás állományra	1992.04.28.	Parcellánként 1-5 skálán
10. Növénymintavétel*	1992.04.28.	Hajtás 4 fm/parcella
12. Állomány virágzik	1992.06.01.	Egységesen az egész kísérletben
13. Kísérleti bemutató	1992.06.09.	Szakmai, országos részvétellel
14. Mintakéve aratáskor	1992.07.21.	Nettó parcellánként 4-4 fm = 0,5 m <sup>2</sup>
15. Kombájn aratás	1992.07.21.	Parcellánként 7 x 2,1 = 14,7 m <sup>2</sup>
16. Ezerszem számlálása	1992.08.10.	Parcellánként 4 x 500 szem
17. Mintakévké cséplése	1992.08.17.	Parcellánkénti cséplés
18. Minták őrlése, analízise	1992.09.10.	Átlagminták parcellánként

Megjegyzés: Presto fajta elvetve 5-7 cm mélyre 300 kg/ha; illetve 60-70 db/fm vetőmagnormával. \*bokrosodáskor

Bokrosodás végén állománybonitálást végeztünk és 4-4 fm területről parcellánként növénymintákat gyűjtöttünk. Aratás előtt szintén 4-4 fm, azaz 0,5 m<sup>2</sup> területről vettünk mintakévké a szem/szalma arányának megállapítása és az analízis céljából. A kombájn aratás a parcellák nettó területéről, 7 x 2,1 = 14,7 m<sup>2</sup> kombájnolt

csíkokból történt. Az 1000-szem súlyát 4 x 500 db szem mérésével állapítottuk meg szintén parcellánként. A kísérletben alkalmazott agrotechnikai műveletekről és módszertani beavatkozásokról, illetve megfigyelésekről az *1. táblázat* nyújt áttekintést.

Az elővetemény kukorica 1991-ben a talajt meglehetősen kiszárította, azonban még októberben 90, novemberben 52, decemberben 17 mm eső esett. Ezt követően 1992-ben január 0, február 11, március 26, április 18, május 9, június 156 mm csapadékot hozott. A száraz tavasz után a június első felében hullott bőséges csapadékot a tritikále hasznosítani tudta. A maximális hőmérséklet is mérsékelt maradt 20-25 °C intervallumban, mely kedvezett a szemképződésnek. A tenyészidő 9 hónapja alatt, X-VI. között, 379 mm csapadékkal rendelkezett az állomány.

#### Eredmények megbeszélése

A *2. táblázat* adatai szerint a 100 kg/ha/év N-trágyázás hatékonynak mutatkozott. A kontrollhoz viszonyítva fejlettebb állományt, nagyobb hajtástömeget, magasabb virágzáskori növényzetet eredményezett. A N-túlsúllyal mérséklődött a hajtás légszáranyag tartalma, azaz vízben dúsabb, élettanilag fiatalabb, aktívabb szövetek képződtek. A pozitív N-hatás aratás idején is kimutatható a szem és szalma termésében. A 200, illetve 300 kg/ha/év N-adagok már a termést nem növelték, de termés csökkenést sem okoztak. A főtermés/melléktermés aránya 1,1 körül alakult. Az összes földfeletti légszár biomassa tömege maximálisan 12 t/ha mennyiséget ért el. A Cu és a Mo kezelések a termés alakulását nem befolyásolták (*3. táblázat*).

**2. táblázat:** N-trágyázás hatása a tritikále fejlődésére 1992-ben

N-szintek kg/ha/év	Bonitálás* 04.28-án	Friss	Légszáraz	Légszáraz anyag %	Magasság ** cm
		hajítás t/ha			
0	2,2	3,72	0,62	15,8	85
100	4,3	7,08	1,18	14,3	92
200	4,2	7,44	1,24	13,6	88
300	4,2	7,80	1,30	13,6	89
SzD <sub>5</sub> %	1,0	0,96	0,16	0,9	5
Átlag	3,7	6,48	1,08	14,3	88

\*Bonitálás: 1 = igen gyengén, 5 = igen jól fejlett állomány, \*\*Virágzáskor

3. táblázat: N-trágyázás hatása a tritikále termésére aratáskor 1992-ben

N-szintek kg/ha/év	Ezermag	Szalma	Pelyva	Szem	Együtt
	g	t/ha			
0	3,40	1,27	4,10	8,8	3,40
100	4,55	1,59	5,72	11,9	4,55
200	4,67	1,59	5,78	12,0	4,67
300	4,59	1,52	5,49	11,6	4,59
SzD <sub>5</sub> %	0,25	0,08	0,25	0,5	0,25
Átlag	4,30	1,49	5,27	11,1	4,30

Az emelkedő N-adagokkal látványosan változott egy sor elem koncentrációja a fiatal hajtásban. Kimutatható a N, K, Ca, Mg, S, Na, Ni és a NO<sub>3</sub>-N akkumulációja. Ez alól kivételt csupán a Ba képez. A N-túlsúlyt, a luxusfelvételt jól mutatja a NO<sub>3</sub>-N felhalmozódása, mely csaknem 7-szeresére ugrik a 300 kg/ha/év terhelésnél a kontrollhoz viszonyítva. Mint ismert, a NO<sub>3</sub>-N tartaléktápanyagot jelent a növényi szövetben a fehérjeképzés számára. Kiemelkedő még a Na és a Ni, mely elemek tartalma szintén több mint 3-szorosára emelkedett a N-kínálattal (4. táblázat).

4. táblázat: N-szinek hatása a tritikále hajtás elemtartalmára 1992.04.28-án

N-adag kg/ha/év	%					mg/kg			
	N	K	Ca	Mg	S	Na	Ba	NO <sub>3</sub> -N	Ni
0	2,28	2,66	0,59	0,10	0,22	60	7,4	0,4	0,4
100	3,57	3,18	0,60	0,13	0,30	173	5,8	0,7	0,5
200	4,08	3,64	0,63	0,15	0,35	212	5,7	2,1	1,0
300	4,22	3,73	0,64	0,15	0,35	206	4,7	2,7	1,4
SzD <sub>5</sub> %	0,30	0,33	0,05	0,02	0,03	35	1,0	0,4	1,0
Átlag	3,54	3,30	0,61	0,13	0,30	163	5,9	1,5	0,8

Megjegyzés: A P 0,32 %, Mn 110 mg/kg, Zn 13 mg/kg, Cu 5 mg/kg, B 3 mg/kg, Mo 0,19 mg/kg átlagosan. *Bergmann (1992)* szerint az őszi búza bokrosodás végi hajtásának optimális összetétele: 2,3-3,8 % N; 3,3-4,5 % K; 0,35-1,00 % Ca; 0,25-0,50 % P; 0,10-0,23 % Mg; 30-100 Mn, 20-70 Zn, 5-10 B és Cu, 0,1-0,3 Mo mg/kg

5. táblázat: N-szintek hatása a tritikále szalma és szem elemtartalmára aratáskor

N-szint kg/ha/év	Szalma, %				Szalma, mg/kg			
	K	N	Ca	S	Mg	P	Na	Mn
0	0,89	0,35	0,29	0,11	590	450	55	33
100	1,13	0,38	0,39	0,16	760	540	150	36
200	1,28	0,46	0,47	0,18	820	600	198	41
300	1,26	0,50	0,51	0,19	820	630	195	43
SzD <sub>5</sub> %	0,09	0,05	0,05	0,03	110	100	41	6
Átlag	1,14	0,42	0,42	0,16	750	560	149	38

N-szint kg/ha/év	Szalma, mg/kg				Szem, %		Szem, mg/kg	
	Ba	Sr	B	Pb	N	S	Ca	Mn
0	20	12	0,9	0,09	2,15	0,10	430	34
100	24	16	1,3	0,11	3,23	0,11	470	36
200	28	19	2,0	0,43	3,06	0,12	500	38
300	25	19	2,0	0,82	3,38	0,13	600	35
SzD <sub>5%</sub>	3	3	0,6	0,24	0,39	0,01	70	2
Átlag	24	17	1,6	0,36	2,95	0,12	500	36

A N-kínálat illetően hatása főképpen az aratáskori szalma összetételén nyomon követhető. Nőtt igazolhatóan a K, N, Ca, S, Mg, P, Na, Mn, Ba, Sr, B koncentrációja. Nem magyarázható az Pb ugrásszerű emelkedése. A generatív szemtermés genetikailag védettebb, míg a szalma vagy a fiatal hajtás az elemek tárolója. A szemtermésben csak 4 elem, a N, S, Ca, Mn mérsékelt emelkedése igazolható. Amint az 5. táblázatban látható, míg a szalmában a Ca mennyisége alapján makroelemnek minősül, a szemben mikroelemnek.

Bár a Cu és a Mo a termések tömegét nem befolyásolta, a N x Cu, illetve N x Mo kölcsönhatások az adott elem felvételében megnyilvánultak. Mind a N, mind a Cu kezelések növelték a hajtás, szalma és szem Cu-tartalmát. Az is megfigyelhető a 6. és 6.a. táblázatban bemutatott eredmények alapján, hogy N-trágyázás nélkül a növényi szervek Cu-koncentrációi igazolhatóan nem változnak a Cu-terheléssel.

6. táblázat: N és Cu hatások a tritikále Cu tartalmára, Cu mg/kg

Cu-szint kg/ha	N-szintek, kg/ha/év				SzD5%	Átlag
	0	100	200	300		
Hajtás bokrosodáskor						
0	4,6	6,3	6,6	6,9	2,0	6,1
50	5,8	7,2	8,5	9,3		7,7
100	5,7	7,8	9,4	9,8		8,1
SzD5%		1,7				0,9
Átlag	5,4	7,1	8,2	8,7	1,0	7,3
Szalma aratáskor						
0	1,3	1,9	1,9	2,1	1,0	1,8
50	1,1	2,1	2,5	3,0		2,2
100	1,3	2,2	3,0	3,2		2,4
SzD5%		0,4				0,2
Átlag	1,2	2,1	2,5	2,8	0,5	2,1
Szem aratáskor						
0	3,6	4,0	4,1	4,1	0,7	4,0
50	4,1	4,9	4,6	4,4		4,5
100	3,9	4,6	4,6	4,5		4,4
SzD5%		0,6			0,4	0,3
Átlag	3,9	4,5	4,4	4,4		4,3

6.a.táblázat: A N és Mo hatások az aratáskori tritikále Mo tartalmára

Mo-szint kg/ha	N-szintek, kg/ha/év				SzD <sub>5%</sub>	Átlag
	0	100	200	300		
Szalma, Mo mg/kg						
0	<0,10	0,10	0,10	0,11	-	0,10
67	85	105	139	130	18	115
Szem, Mo mg/kg						
0	0,2	0,3	0,2	0,2	0,4	0,2
67	12,9	17,1	19,7	20,1	1,3	17,4

A Mo-trágyázott talajon a szalma Mo-készlete három nagyságrenddel dúsul hiperakkumulációt jelezve. A N-kínálattal a Mo-akkumuláció mintegy 50 %-kal emelkedett. A szemtermés Mo-készlete két nagyságrenddel emelkedett a Mo-kezelések eredményeképpen. A képződött növényi termékek emberi vagy állati fogyasztásra, takarmányozásra egyaránt alkalmatlanná váltak. A nemzetközi szakirodalom általában 10-20 mg/kg feletti Mo-tartalmat már egészségügyi maximumot meghaladó értéknek tekinti (*Chaney 1982, Kloke et al. 1988, Sauerbeck 1985*).

7. táblázat: A tritikále szervek átlagos elemtartalma a kísérletben 1992-ben

Elem jele	Mérték- egység	Elemtartalom		
		Hajtás	Szalma	Szem
N	%	3,54	0,42	2,95
K	%	3,30	1,14	0,34
Ca	%	0,61	0,42	0,05
S	%	0,30	0,16	0,12
P	%	0,32	0,06	0,39
Mg	%	0,13	0,08	0,12
Na	mg/kg	163	149	31
Fe	mg/kg	104	74	25
Mn	mg/kg	110	38	36
Al	mg/kg	34	32	<1
Sr	mg/kg	19	17	2
Zn	mg/kg	13	9	22
Ba	mg/kg	6	24	<1
Cu	mg/kg	7	2	4
B	mg/kg	3,13	1,57	0,02
Ni	mg/kg	0,82	0,02	0,58
Cd	mg/kg	0,49	<0,01	0,03
Mo	mg/kg	0,19	0,10	0,23

Megjegyzés: As, Co, Cr, Hg, Pb, Se általában 0,1 mg/kg méréshatár alatt maradt szennyezetlen talajon. A hajtás átlagosan 1,08 t/ha, szalma pelyvével 5,79 t/ha, szem 5,27 t/ha

A tritikále átlagos elemtartalmát tekintve megállapítható, hogy a legtöbb vizsgált elem főként a fiatal hajtásban dúsult a legnagyobb mennyiségben. Szemtermésben a P, Zn és szennyezetlen talajon a Mo koncentráció kiemelkedő. Az egyéb vizsgált elemek tekintetében a szalma gazdagabb, illetve az említett fiatal hajtás a leggazdagabb. Az As, Co, Cr, Hg, Pb, Se elemek tartalma minden növényi részben általában 0,1 mg/kg méréshatár körül vagy alatt maradt (7. táblázat).

A tritikále elemfelvételét a kísérlet átlagában mutatja be a 8. táblázat. Látható, hogy már a bokrosodás végén mért hajtás jelentős N és K elemet akkumulált, mely az aratáskori felvétel 42 %-át érte el a K, illetve 23 %-át a N esetében. Annak ellenére, hogy a szárazanyag tömege az aratáskorinak kevesebb mint 10 %-a. A fiatal hajtás erőteljesen halmozza fel a tápelemeket a későbbi szárbaszökés/megnyúlás számára. Másrészt az előreledő növényzet sok tápelemet veszít a lehulló levélzettel, illetve a K kimosódásával a levelekből. A K nem szerkezeti elem, így nem védett a kilúgzástól.

8. táblázat: A tritikále átlagos elemfelvétele 1992-ben

Elem jele	Mértékegység	Hajtás 04.28-án	Aratáskor 07.21-én			
			Melléktermés	Szem	Együtt	Fajlagos*
N	kg/ha	40,4	24,3	152,8	177	33,6
K	kg/ha	35,6	66,0	17,9	84	15,9
Ca	kg/ha	6,6	24,3	2,6	27	5,1
P	kg/ha	3,4	3,5	20,6	24	4,6
S	kg/ha	3,2	9,3	6,3	16	3,0
Mg	kg/ha	1,4	4,6	6,3	11	2,1
Na	g/kg	176	863	163	1026	195
Fe	g/kg	112	428	132	560	106
Mn	g/kg	119	220	190	410	78
Al	g/kg	37	185	<5	185	35
Sr	g/kg	21	93	11	104	20
Zn	g/kg	14	52	116	168	32
Ba	g/kg	6	138	<5	138	26
Cu	g/kg	8	12	21	33	6
B	g/kg	3,4	9,1	0,1	9,2	1,7
Ni	g/kg	0,9	0,1	3,1	3,2	0,6
Cd	g/kg	0,5	<0,1	0,2	0,2	<0,1
Mo	g/kg	0,2	0,3	6,5	6,8	1,3

\*Fajlagos: az 1 t szem + a hozzátartozó melléktermés elemtartalma. Megjegyzés: hajtás 1,08 t/ha, pelyvás szalma 5,79 t/ha, szem 5,27 t/ha átlagterméssel számolva. Az As, Co, Cr, Hg, Pb, Se általában 1 g /ha méréshatár alatt.

A 11 t/ha légszáraz földfeletti biomaszába 177 kg N, 84 kg K, 27 kg Ca, 24 kg P, 16 kg S és 11 kg Mg épült be. A fajlagos, azaz 1 t szem + a hozzátartozó melléktermés úgynevezett fajlagos elemtartalma tehát kereken 34 kg N, 19 kg K<sub>2</sub>O, 10-11 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>,

7 kg CaO, 3-4 kg MgO mennyiségnek adódik. Adataink felhasználhatók a tritikále tervezett termése elemszükségletének számításakor a szaktanácsadásban. Megemlíthető, hogy ebben a kísérletben a fajlagos N, Ca és Mg tartalmak emelkedtek. Ez logikailag a N-kezeléseknek, illetve a meszes talajú termőhelynek tulajdonítható (8.táblázat).

### Összefoglalás

Mészlepedékes csernozjom vályogtalajon beállított szabadföldi kísérletben vizsgáltuk a  $NxCu_xMo$  elemek közötti kölcsönhatásokat 1992-ben tritikálével. Termőhely talaja a szántott rétegben 3 % humuszt, 5 % körüli  $CaCO_3$ -ot és 20 % körüli agyagot tartalmazott. Talajelemzések alapján a terület jó Ca, Mg, K, Mn, kielégítő Cu, valamint gyenge-közepes P és Zn ellátottságú volt. A talajvíz 13-15 m mélyen található, a terület aszályérzékeny. A kísérletet  $4N \times 3Cu = 12$  kezelés  $\times 3$  ismétlés = 36 parcellával állítottuk be osztott parcellás (split-plot) elrendezéssel. A N 0, 100, 200, 300 kg/ha, a Cu 0, 50, 100 kg/ha adagokat jelentett Ca-ammóniumnitrát, illetve  $CuSO_4$  formájában. A kísérlet 5. évében a 15 m hosszú parcellákat megfeleztük és 1 m-es úttal elválasztottuk. A kísérlet sávos split-plot elrendezésűvé vált  $4N \times 3Cu \times 2Mo = 24$  kezelés  $\times 3$  ismétlés = 72 parcellával. A 48 kg/ha Mo-t  $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$  formában alkalmaztuk. Főbb eredmények:

1. A tenyészdíő 9 hónapja alatt 379 mm eső hullott közepes csapadékelátottságot biztosítva a tritikálénak. A 100 kg/ha/év N-adagok a szemtermést 4,1 t/ha-ról 5,7 t/ha-ra növelték, az efeletti N-trágyázás, valamint Cu-trágyázás és a Mo-trágyázás is hatástalan maradt.
2. Levéldiagnosztikai szempontból az őszi búzára *Bergmann (1992)* által javasolt optimális elemtartalmak alkalmasak lehetnek a tritikále tápláltsági állapotának megítélésére a bokrosodás végi hajtás összetétele alapján: 2,3-3,8 % N; 3,3-4,5 % K; 0,35-1,00 % Ca; 0,25-0,50 % P; 0,10-0,23 % Mg.
3. A bőséges N-kínálattal látványosan emelkedett a betakarításkori szalma N, K, Ca, Mg, S, P, Na, Mn, Ba, Sr, B, Pb elemeinek koncentrációja. A szemtermés esetén a N, S, Ca, Mn elemek beépülését serkentette igazolhatóan a N-trágyázás.
4. A  $NxCu$  kezelések nyomán megkétszereződött a hajtás és a szalma N-készlete. A Mo-trágyázott talajon a szalmában 3, a szemben 2 nagyságrenddel nőtt meg a Mo-koncentráció. A N-kínálattal a beépült Mo mennyisége további 50 %-kal emelkedett.
5. A 11 t/ha légszáraz földfeletti biomaszába kereken 177 kg N, 84 kg K, 27 kg Ca, 24 kg P, 16 kg S, 11 kg Mg épült be. A fajlagos, azaz 1 t szem + a hozzátartozó melléktermés úgynevezett fajlagos elemtartalma átlagosan 34 kg N, 19 kg  $K_2O$ , 10-11 kg  $P_2O_5$ , 7 kg CaO, 3-4 kg MgO mennyiségnek felelt meg. Adataink orientálhatják a szaktanácsadást a tritikále tervezett termése elemszükségletének számításakor.

### 3.8. Burgonya 1993-ban

#### Bevezetés és irodalmi áttekintés

A világ számos helyén a burgonya ma is fontos étkezési, takarmány és ipari növény. A fejlett országokban csökkent a közvetlen fogyasztása, inkább feldolgozott formában (chips, burgonyaliszt stb.) igénylik. Takarmányként elsősorban a sertéshizlalásban, ipari nyersanyagként pedig keményítő és alkohol előállításában hasznosul. Vegetatív szaporítása miatt a vetőgumó a termés 10-20 %-át is elhasználhatja. Jelentőségét tekintve vetésterülete alapján (18 millió ha) a 12., össztermése alapján a 6., míg átlagtermése alapján (15,3 t ha-onként) a 3. legfontosabb kultúrnövénynek minősült világviszonylatban 1989-ben *Perrenoud (1993)* szerint.

Az egyes országok közötti eltérések óriásiak az átlagterméseket tekintve, 5-42 t/ha a szórás, a maximumot Hollandia képviseli. A világátlag csak mintegy 1/6-a a terméspotenciálnak, amely 85-100 t/ha gumóhozammal jellemezhető (*Evans 1977*). *Cooke (1981)* említi, hogy Angliában a magas szintű termesztéstechnikát megvalósító ún. "blueprint" rendszerben már elértek 90 t/ha gumótermést kísérleti és üzemi területeken egyaránt. *Jakuskin (1950)* magyarul is megjelent "Növénytermelés" c. könyvében arról tudósít, hogy a volt Szovjetunióban a sztahanovista rekordok már az 1940-es években 90 t/ha gumótermést eredményeztek. A gondos ápolás és az extrém adagú trágyázás nyomán 2-3 kg/tő gumóhozamokat nyertek.

Az érett gumónak átlagosan 25 %-a szárazanyag (döntően keményítő), míg 75 %-a víz. Keményítőben szegény a gumó 13 % alatt, közepesen gazdag 14-17 % között, 18 % feletti keményítőtartalom inkább az ipari célú felhasználásra való. A kisméretű gumók keményítőben, ezzel párhuzamosan szárazanyagban általában gazdagabbak. A késői fajták többet teremnek és gumóikban több keményítőt halmoznak fel. A 120-150 napos hosszabb tenészedejű burgonyafajták jobb lehetőséget nyújtanak a szárazanyag-gyarapodásra és tápelemfelvételre, ebből adódóan a rövid tenészedejű fajták a trágyaigényesebbek. A lomb éréskor elszárad és összeomlik. Mivel a gumót takarítjuk be, a gumótermésbe épült és a tábláról elvitt tápelemek mennyisége lehet irányadó a fenntartó, a talaj termékenységét megőrző trágyázás számára (*Becker-Dillingen 1934, Mándy és Csák 1965, Varis 1970, Németh 1974, Perrenoud 1993*).

A régi és az újabbkori irodalom egyaránt hangsúlyozza a burgonya kifejezett tér, oxigén, víz és trágya igényességét. A nagytömegű gumótermés fejlesztéséhez laza talaj szükséges. *Korizmics et al. (1856)* az alábbiakat közlik a Mezei Gazdaság Könyve c. munkájukban: "Minthogy eme növény a mélyen porhanyított talajt szereti, a mélyen felszántott lóherés, lucernás és baltaczimés földben, s a friss gyeptörésben díszlik legjobban. Továbbá a telkesített friss földben, erdő-irtásokban stb., hol a gabona megdőlné, sok szalmát és kevés szemet adna, a burgonya a leghálásabb növény." Tehát a tápanyagdús, könnyen bomló szerves anyagban és nitrogénben gazdag talajra való, ahol a gabonatermesztés a káros tápanyag (nitrogén) túlsúly miatt veszteséges lehet.

*Cserhádi (1901)* szerint: "A legjobb burgonyatalaj a mélyrétegű, tápdús, közép kötött vagy könnyebb minőségű humózus vályog, amely eléggé légjárható és amelynek altalaja vízátbocsátó." Szerinte a homoktalajon kisebb gumók teremnek, de jobban eltarthatók, ízesebbek, több bennük a keményítő, míg tőzegetalajon



fordítva. Friss törésben, erdőirtásokban különösen jól terem. A forgóban e növény az istállótrágyázott kapás. A K-igényét az istállótrágya kielégítheti a legtöbb talajon, a P-igényét is, ezért N-műtrágyákat javasol a burgonya alá. Hasonló véleményen van *Bittera (1923)* és *Grábner (1948)* is, bár szerintük az erősebb mérvű istállótrágyázás rontja a burgonya minőségét, eltarthatóságát, csökkenti keményítőtartalmát. *Cserháti* ezzel szemben a keményítő-hozam döntő szerepét hangsúlyozza a termesztésben, mely a keményítőszázalék csökkenése esetén is nőni fog a bőséges istállótrágyázás nyomán.

Mivel a burgonya gyökérzete csak a talaj felső 50-60 cm rétegét hálózza be érdemben és gyengén fejlett (hiszen nem valódi gyökér, csupán módosult földalatti hajtás), víz- és tápelemigénye különösen kifejezetté válik az intenzív szerves anyag képződés idején, a virágzással kezdődő gumófejlődés során. A hazai országos felvételezések szerint, melyet a MÉM NAK hálózata végzett 1979-ben 20-26 termőhelyen, a burgonya szárazanyag-gyapodásának közel felét, 47 %-át a virágzás ideje alatt regisztrálták (*Németh és Fridrich 1979, Biczók et al. 1984*).

Az általános vélemény szerint a N-ellátás különösen fontos a lombfejlődés és a gumószám kialakulása számára, tehát a vegetáció első felében. Túlsúlya viszont túlzott vegetatív fejlődést és csökkent betegség-ellenállóságot idézhet elő. Ezenkívül rontja a minőséget, eltarthatóságot, késlelteti az érést. A P-ellátás növelése általában kisebb termésthöbblettel jár, siettet az érést, javítja a minőséget, ellensúlyozhatja az egyoldalú N-túlsúly káros következményeit. A burgonya közismerten K-igényes növény. A K-ellátás növeli a gumók tömegét, javítja vízgazdálkodását, minőségét és keményítő %-át. Egyoldalú túlsúlya viszont a N-túlsúlyhoz hasonlóan negatív következményekkel járhat, különösen a KCl forma alkalmazásakor (*Láng 1976, Németh 1973, 1975, Black és White 1973, Prjanisnyikov 1965, Grábner 1948, Radics 1994*).

A minőség a felhasználás céljától függő (étkezési, ipari, vetőgumó) komplex fogalom, mely érintheti a gumó méretét, összetételét, ízét, színét, mechanikai sérüléssel és betegségekkel szembeni érzékenységet, eltarthatóságát, konyhatechnikai feldolgozhatóságát. Étkezési burgonyánál a nagyobb gumóméret előnyös, mert kisebb a hámozási veszteség. A túl kevés keményítő "szappanos" jelleget adhat, míg a keményítőben túl gazdag gumó főzéskor szétesik, lisztesebb. Hámozáskor, vágáskor a gumó elszíneződik. Alapvetően két színeződési reakciót különböztetnek meg: az enzimikus vagy nyers, valamint a nem enzimikus vagy főzési-sütési színeződést.

A N túlsúlya, ill. a relatív K és P hiánya növeli a redukáló cukrok és az aminosavak mennyiségét. A tirozin aminosav részt vesz a sötét színű növényi festékek képzésében, míg a redukáló cukrok a burgonyaszeletek színeződését befolyásolják. Az enzimikus elszíneződés, a szürkefoltosság, a fenolszerű festékanyagok enzimikus oxidációja nyomán alakul ki. A főtt és a sült burgonyaszeletek barnulását, feketedését elősegíti a redukáló cukrok nagyobb mennyisége. Egyes szerzők szerint a burgonyagumó minőségének, mint a megfelelő keményítőtartalom, íz, eltarthatóság, elszíneződés védelme érdekében célszerű a gumó szárazanyagában K-trágyázással a K tartalmat 2 % fölé növelni (*Birkmann 1974, Effmert 1974, Vertregt 1968*). Az Osztrák Szaktanácsadó Intézet pl. 2-2,5 % K, ill. 1:1,6=N:K arány optimumokat tart kívánatosnak a gumó szárazanyag-összetételében (*ÖDB 1973*).

A továbbiakban saját kísérletünkben vizsgáljuk a műtrágyázás és a termés, minőség, ill. eltarthatóság összefüggéseit. Bemutatjuk a betakarítást követően vett talajminták elemzésének adatait is.

A burgonya tápelemfelvételében meghatározónak tekintik a kálium szerepét, melynek mennyisége 1.5-szerese lehet a nitrogénnek, 4-5-szöröse a foszforénak. Az egyéb elemek mint a Ca, Mg, S mikroelemek felvétele lényegesen kisebb mennyiséggel jellemezhető. A hazai és külföldi irodalmi források szerint a fajlagos, azaz 1 t gumó a hozzá tartozó lombterméssel együtt 4,0-5,3 kg N, 1,2-2,0 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 6-10 kg K<sub>2</sub>O, 2,7-3,2 kg CaO, 1-2 kg MgO, 50-160 g Fe, 16-21 g Mn, 8-55 g Zn, 4-22 g Cu, 2-3 g B, 0.1-0.2 g Mo elemet tartalmazhat (*Jakuskin 1950, Biczók et al. 1984, Perrenoud 1993*) stb.

Mivel napjainkban a lombtermés a talajon marad ill. csak a gumót takarítjuk be, a talajtermékenység megőrzése és a trágyázási szaktanácsadás számára a gumótermésbe épült elemek mennyisége lehet irányadó. Az 1 t friss gumóban 2.8-3.0 kg N, 0.7-1.2 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 4.6-6.3 kg K<sub>2</sub>O, 0.1-0.2 kg CaO, 0.2-0.3 kg MgO, 10-30 g Fe, 5-15 g Zn, 3-4 g Mn, 1-2 g B és Cu mennyiséggel számolnak. Az adatokból látható, hogy a főbb tápelemek mint a N, P, K átlagosan 1/3-a a lombban található, míg a Ca és Mg, ill. némely mikroelem esetén a felvétel akár 9/10-ét is a lomb adhatja.

A nagyobb termések elemigénye óriási lehet, különösen ami a káliumot illeti. *Perrenoud (1993)* szerint Angliában az ún. "blueprint" rendszerben 78 t/ha gumó + a hozzá tartozó lombterméssel 350 kg N, 95 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 450 kg K<sub>2</sub>O felvételt mértek ha-onként. Brazíliában kapott maximumok 102-166 kg N, 30-62 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 207-307 kg K<sub>2</sub>O, 37-80 kg CaO, 16-25 kg MgO, 17-38 kg S mennyiségeket jeleztek. Termésszinteket a szerző nem említ. *Loué 1977-es* közlése szerint (In: *Perrenoud 1993*) a 37.3 t/ha átlagos gumótermésben az alábbi elem mennyiségeket találták Franciaországban, lombtermés nélkül: 113 kg N, 45 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 196 kg K<sub>2</sub>O, 7 kg CaO, 13 kg MgO.

*Kunkel et al. (1973)* arról tudósít, hogy 1 t gumó 3 kg N, 0,7 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 4,4 kg K<sub>2</sub>O, 0,08 kg CaO, 0,25 kg MgO felvétellel jellemezhető az Egyesült Államok burgonyatermő vidékein. A szerzők nem találtak lényeges különbséget az egyes fajták elemösszetétele között.

Megállapításaink szerint a gumó összetétele jobban függhet a tenyészidő hosszától, mint a kezeléstől. A túltrágyázással létrehozott luxuskínálat a vegetatív földfeletti részben, a lomb luxusfelvételében tükröződik, míg a gumó elemtartalma állandóbb.

A burgonya kiegyensúlyozott tápelemellátását a tenyészidő folyamán is biztosítani kell, mert a talaj gyakran nem képes a nagymérvű elemigény kielégítésére. Emiatt világszerte elterjedt a levélanalízis módszere, mely képes a tápelemhiányokat jelezni és adatai iránymutatóul szolgálnak a kiegészítő levéltrágyák, fejtrágyák megválasztásához, ill. a termőhely tápelemszolgáltatásának megítéléséhez. A növény összetétele, tápláltsági állapota nemcsak a terméslehetőségeket határolja be, hanem befolyásolhatja a betegségekkel szembeni viselkedését, minőségét és tárolhatóságát is. A gyakrabban idézett irodalmi források szerint a burgonya teljesen kifejlett felső levelei virágzás elején 6-9 % K, 6-6,5 % N, 0,4-0,6 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 0,7-3,0 % Ca, 0,2-1,0 % Mg, 60-300 ppm Fe, 50-300 ppm Mn, 30-90 ppm Zn, 20-50 ppm B, 5-30 ppm Cu koncentrációt mutatnak a szárazanyagban,

kielégítő ellátottságon (Neubert et al. 1970, Bergmann és Neubert 1976, Bergmann 1988).

A burgonya levele és gumótermése egyaránt vegetatív növényi szövet jelent, ezért extrém módon képesek jelezni a tápelemkínálatot. Különösen igaz mindez homoktalajon, ahol a tápelemek/trágyák lekötődése kevésbé kifejezett. Buzás I. et al. (Szerk.:1979) vizsgálatai során a 20 termőhelyen vett virágzás elejei levelek összetétele az alábbi szélső koncentrációkat mutatta (Biczók et al. 1984): 2-11 % K, 2,4-5,0 % N, 0,18-0,79 % P, 1,2-2,5 % Ca, 0,3-1,1 % Mg, 165-4624 ppm Fe, 79-260 ppm Mn, 24-81 ppm Zn, 15-42 ppm B, 9-39 ppm Cu. A maximum koncentrációk nyírségi savanyú homokon, erősen műtrágyázott termőhelyeken jelentkeztek. A csapadékosabb, párasabb 1978. évben 30-50 %-kal alacsonyabb N, P és K tartalmakat, valamint átlagosan több száz %-kal nagyobb Fe koncentrációkat mértek ugyanezen termőhelyeken országosan és a Nyírségben.

Vajon mennyire változékonnyá teszi az összetételét tekintve a gumótermés? A már említett Buzás et al. (Szerk.:1979) vizsgálataiban a K 1,7-3,4 %, N 0,9-2,5 %, P 0,24-0,55 %, Ca 0,02-0,23 %, Mg 0,08-0,15 %, Fe 48-335 ppm, Mn 5-53 ppm, Zn 12-46 ppm, Cu 5-22 ppm, B 4-11 ppm minimum-maximum értéket mutatott a szárazanyagban. A termőhelyi hatások tehát itt is kifejezettek, bár elemenként eltérő mértékben. Szélsőséges különbségeket a Ca, Fe, Mn mutat, hiszen az eltérések jószerivel egy nagyságrendbeliek. Megemlítjük, hogy a csapadékosabb 1978. évben 30-50 %-kal alacsonyabb N, P és K koncentrációkat kaptak a nyírségi termőhelyek átlagában (Biczók et al. 1984).

A továbbiakban egy szabadföldi műtrágyázási tartamkísérletben vizsgáljuk az eltérő N, P és K ellátás hatását a burgonya összetételére és elemfelvételére. Ellenőrizzük az irodalomban közölt levéldiagnosztikai ellátottsági határkoncentrációkat, a hazai szaktanácsadásban elfogadott ill. bevezetett fajlagos elemigény irányszámait, valamint bemutatjuk a tábláról ha-onként kivont fontosabb makro- és mikroelemek mennyiségeit. A kísérletben nyert terméseredményeket, keményítőhozamokat, konyhatechnikai vizsgálatok adatait, valamint az agrotechnikai műveletek és megfigyelések idejét előző közleményünk ismertette (Kádár et al. 2000).

Ugyanezen a talajon 1978-ban vizsgáltuk az eltérő NPK ellátottsági szintek és azok kombinációinak hatását a *Desiré* fajtájú burgonyára. A bőséges NPK kínálattal a gumótermés 13-ról 36 t/ha-ra, keményítő %-a 15,9-ről 19-re, keményítőhozam 2,1 t/ha-ról 5,9 t/ha-ra emelkedett. Az optimális terméshez tartozó NPK összetétel diagnosztikai szempontból az alábbiak adódott: 4,5-5,0 % N; 0,4-0,5 % P; 3,0-4,0 % K virágzás elején; 3,5-4,0 % N; 0,25-0,30 % P; 2,0-3,0 % K virágzás végén; 1,5-2,0 % N; 0,25-0,30 % P; 1,5-2,0 % K gumóban betakarításkor. A 10 t gumó + a hozzátartozó lomb fajlagos elemtartalma 55 kg N, 53 kg K<sub>2</sub>O, 19 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 25 kg CaO, 14 kg MgO mennyiséget tett ki (Kádár 2000, Kádár et al. 2000).

A nyírlugosi savanyú homoktalajon 1973-1979 között 6-29 t/ha közötti gumótermést kaptunk *Desiré* fajtával az évek és az NPKMg kezelések hatására. A gumó átlagosan 0,32 % N; 0,05 % P; 0,32 % K; 168 mg/kg Mg, 27 mg/kg Ca, 2 mg/kg Mn elemet tartalmazott 1979-ben, a 10 t/ha körüli átlagtermésében (Kádár és Szemes 1994). A *Desiré* fajta gumótermése 1978-ban, mészlepedékes csernozjom talajon beállított kísérletben ugyanakkor átlagosan 1,77 % N; 0,29 % P; 1,48 % K; 1000 mg/kg Mg, 320 mg/kg Ca, 6 mg/kg Mn összetételt mutatott. Tehát 5-6-szor

gazdagabb volt N, P, K, valamint egy nagyságrenddel gazdagabb Mg és Ca elemekben (Kádár 2000).

A burgonya tápelemfelvételében meghatározónak tekintik a kálium szerepét, melynek mennyisége 1.5-szerese lehet a nitrogénnek, 4-5-szöröse a foszforénak. Az egyéb elemek mint a Ca, Mg, S mikroelemek felvétele lényegesen kisebb mennyiséggel jellemezhető. A hazai és külföldi irodalmi források szerint a fajlagos, azaz 1 t gumó a hozzá tartozó lombterméssel együtt 4,0-5,3 kg N; 1,2-2,0 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 6-10 kg K<sub>2</sub>O; 2,7-3,2 kg CaO; 1-2 kg MgO; 50-160 g Fe; 16-21 g Mn; 8-55 g Zn; 4-22 g Cu; 2-3 g B; 0,1-0,2 g Mo elemet tartalmazhat (Becker-Dillingen 1934; Jakuskin 1950; Mándy és Csák 1965; Láng 1976; Biczók et al. 1984; Buzás I. et al. (Szerk.: 1979); Antal 1987; Perrenoud 1993; stb.).

Mivel napjainkban a lombtermés a talajon marad illetve csak a gumót takarítjuk be, a talajtermékenység megőrzése és a trágyázási szaktanácsadás számára a gumótermésbe épült elemek mennyisége lehet irányadó. Az 1 t friss gumóban 2,8-3,0 kg N; 0,7-1,2 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 4,6-6,3 kg K<sub>2</sub>O; 0,1-0,2 kg CaO; 0,2-0,3 kg MgO, 10-30 g Fe, 5-15 g Zn, 3-4 g Mn, 1-2 g B és Cu mennyiséggel számolnak. Az adatokból látható, hogy a főbb tápelemek mint a N, P, K átlagosan 1/3-a a lombban található, míg a Ca és Mg, illetve némely mikroelem esetén a felvétel akár 9/10-ét is a lomb adhatja. A továbbiakban a Nx<sub>Cu</sub>Mo kezelések hatását vizsgáljuk a burgonya termésére, összetételére és elemfelvételére. A kísérlet előzményeit-módszertanát korábbi munkáink ismertetik (Kádár és Csathó 2012abc, Kádár 2013).

#### Aanyag és módszer

A kísérlet 1. évében 1988-ban tavaszi árpát 1989-ben őszi búzát, 1990-ben őszi árpát 1991-ben kukoricát termesztettünk. Ezt követően a kísérlet 5. évében tritikálét vetettünk. A burgonya ültetése április 8-án történt 8-10 cm mélyen 70 x 25 cm kötésben. Állománybonitálást végeztünk virágzás elején és végén. Ekkor parcellánként 20-20 db kifejlett levelet is gyűjtöttünk szár nélkül. Betakarításkor megállapítottuk a tőszámot, majd 20-20 bokrot emeltünk ki parcellánként a lomb és a gumó mérése céljából. A növénymintákat szárítottuk, majd előkészítettük analízisre. A parcellák teljes gumótermését ekével forgattuk ki a talajból majd súlyukat megállapítottuk. A kísérletben végzett agrotechnikai műveletekről és módszertani megjegyzésekről az 1. táblázat tájékoztat.

Az elővetemény tritikále betakarítását követően 1992. végéig még 230 mm esőt kapott a terület, mely a talaj vízkészletét részben feltölthette. 1993-ban lehullott havi csapadékösszegek az alábbiak voltak: január 10, február 4, március 15, április 28, május 8, június 12, július 60, augusztus 32 mm. Száraz volt az I. negyedév, aszályos a május és június hónap. A burgonya 5 hónapos, 150 napos tenyészideje során mindössze 140 mm csapadékban részesült. A burgonyabogár ellen május végétől július elejéig kéthetenkénti Dimecrom permetezéssel védekezésre kényszerültünk.

**1. táblázat: Agrotechnikai műveletek és megfigyelések a burgonya kísérletben**

Műveletek megnevezése	Időpontja	Egyéb megjegyzések
1. Őszi műtrágyázás (N, P, K)	1992.12.01.	Parcellánként kézzel
2. Egyirányú szántás	1992.12.01.	MTZ-50+Lajta eke
3. Szántás elmunkálása	1993.04.01.	MTZ-50+fogas
4. Tavaszi műtrágyázás	1993.04.01.	Parcellánként kézzel
5. Vetőágykészítés	1993.04.01.	MTZ-50+kombinátor
6. Burgonya ültetése	1993.04.08	Kézzel 70 x 25 cm kötésbe
7. Kapálás, töltögetés	1993.05.15.	Kézi kapálás, töltögetés
8. Bonitálás állományra	1993.05.20.	Parcellánként 1-5 skálán
9. Bonitálás burgonyabogár	1993.06.09.	Parcellánként 1-5 skálán
10. Bonitálás állományra	1993.06.14.	Parcellánként 1-5 skálán
11. Levélmintavétel virágzáskor	1993.06.14	Parcellánként 20 db levél
12. Bonitálás virágzásra	1993.06.16.	Parcellánként 1-5 skálán
13. Levélmintavétel	1993.07.12.	Parcellánként 20 db levél
14. Tőszámlálás betakarításkor	1993.09.08.	Parcellánként db/19,6 m <sup>2</sup>
15. Betakarítás kézzel	1993.09.08.	Parcellánként 19,6 m <sup>2</sup>

Megjegyzés: *Desiré-fajta* 8-10 cm mélyre ültetve. Május végétől július elejéig kéthetente permetezés burgonyabogár ellen *Dimecrom* 0,1 % oldatával.

**Kísérleti eredmények**

Május 20-án és virágzáskor végzett bonitálásaink szerint a 100 kg/ha/év N-adag zöldebb, látszólag fejlettebb állományt eredményezett. A nagyobb N-adagok hatástalanok voltak. A N-túlsúly lassította, késleltette a virágzást. A levelek légszáranyag tartalma a virágzás kezdetén átlagosan 12 %, a virágzás végén 14 %, míg a gumóban betakarításkor 18 % volt. A N-trágyázással némileg nőtt a levélzet tömege is a 2. táblázatban bemutatott eredményeink szerint.

*Szemes et al. (1984)* szintén a nyírlugosi talajon egy termékenyebb és humuszosabb táblán NPK műtrágyázással a kontrollon mért 9 t/ha gumótermést 23 t/ha-ra tudta növelni 1979-ben *Desiré* fajtánál. A kísérletben 200 kg/ha N mellett 500-1500 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, illetve K<sub>2</sub>O feltöltő adagokat alkalmaztak. A gumóban 1,40-1,90 % N; 1,6-2,3 % K; 0,30 % P; 500 mg/kg Ca és 200 mg/kg Mg koncentrációt mértek. A termékenyebb, humuszban gazdagabb táblán a gumó összetétele közelálló volt az NPK elemek tekintetében a csernozjom talajon mérthez.

2. táblázat: N-szintek hatása a burgonya fejlődésére 1993-ban

N kg/ha/év	Bonitálás állományra		Virágzás 06.16-án	Légszáraz levél 20 db/g	
	05.20-án	06.14-én		06.14.	07.12.
0	3,2	2,9	4,8	8,3	9,7
100	4,5	4,1	3,9	9,5	10,7
200	4,4	4,6	3,1	10,9	11,4
300	4,6	4,7	2,1	10,4	11,9
SzD <sub>5%</sub>	0,5	0,5	0,6	1,1	1,4
Átlag	4,2	4,1	3,5	9,8	10,9

Bonitálás: 1 = gyengén fejlett világoszöld, 5 = jól fejlett sötétzöld állomány.

Légszárazanyag a levélben virágzás elején 12 %, virágzás végén 14 %, gumóban betakarításkor 18 %.

A N-kínálattal emelkedett a N, Mg, Fe, Na elemek koncentrációja a lombban mindkét mintavétel idején. A Zn dúsulását a N-bőség gátolta. Ugyanezen a talajon végzett korábbi vizsgálataink szerint a burgonya kielégítő/optimális NPK ellátottságát virágzás elején a levél 4,5-5,0 % N; 0,4-0,5 % P; 3,0-4,0 % K koncentráció tartománya jellemezheti. Virágzás végén az optimumok 3,5-4,0 % N; 0,25-0,30 % P; 2,0-3,0 % K, míg a betakarításkor a nagyobb termés az 1,5-2,0 % N; 0,25-0,30 % P; 1,5-2,0 % gumóösszetételhez kötődik (Kádár 2000). A 3. táblázatban közölt, a virágzás elején és végén mért elemtartalmak megerősíthetik a korábban közölt levéldiagnosztikai optimumokat, amennyiben a megadott tartományokban találhatók.

3. táblázat: N-szintek hatása a légszáraz burgonyalevél elemtartalmára, 1993

N-szint kg/ha/év	N	Mg	S	Fe	Na	B	Zn	Ba
	%			mg/kg				
Levél 06.14-én virágzás elején								
0	4,30	0,43	0,32	177	56	33	13	16
100	4,75	0,45	0,32	175	53	28	14	13
200	4,80	0,48	0,31	203	57	26	16	13
300	5,00	0,48	0,30	234	70	26	16	12
SzD <sub>5%</sub>	0,20	0,03	0,02	22	11	0,8	2	2
Átlag	4,71	0,46	0,31	197	59	28	15	13
Levél 07.12-én virágzás után								
0	2,70	0,55	0,29	139	80	33	11	20
100	3,30	0,65	0,26	140	81	28	11	15
200	3,93	0,68	0,25	144	82	28	11	15
300	4,42	0,64	0,24	165	85	27	10	14
SzD <sub>5%</sub>	0,24	0,07	0,02	23	8	2	2	3
Átlag	3,59	0,63	0,26	147	82	29	11	16

Megjegyzés: P 0,39 ill. 0,27 %; K 3,84 ill. 2,49 % a virágzás elején ill. a virágzás végén átlagosan

A Mo-trágyázás mintegy két nagyságrenddel növelte meg a burgonya levelek, illetve egy nagyságrenddel, 10-20-szorosára a gumó Mo-készletét. Látványosan érvényesült a nitrát/molibdenát antagonizmus. A N-bőséggel a levelekbe épült Mo mintegy a felére, míg a gumóban 1/3-ával mérséklődik a Mo-nal szennyezett talajon. Megállapítható, hogy a Mo ezen a jól szellőzött meszes talajon mobilis marad és hiperakkumulációt mutatva felhalmozódhat a gumóban és a földfeletti lombban egyaránt. A 4. táblázat adataiból az is leszűrhető, hogy a növény korával a felvett Mo mennyisége csökken. A gumó némileg védett a Mo-akkumulációval szemben.

4. táblázat: N x Mo kezelés és a légszáraz burgonya Mo tartalma 1993-ban, mg/kg

N-szintek kg/ha/év	Levél 06.14-én		Levél 07.12-én		Gumó 09.08-án	
	Mo <sub>0</sub>	Mo <sub>1</sub>	Mo <sub>0</sub>	Mo <sub>1</sub>	Mo <sub>0</sub>	Mo <sub>1</sub>
0	1,6	106	0,2	86	0,6	12,6
100	1,2	77	0,2	61	0,5	9,0
200	1,8	71	0,1	51	0,8	8,3
300	0,9	57	<0,1	36	0,5	8,0
SzD <sub>5%</sub>	-	16	-	11	-	2,7
Átlag	1,4	78	0,1	58	0,6	9,5

A 6 évvel korábban adott Cu-só hatására a burgonya leveleiben átlagosan megkétszereződött a Cu-tartalom. A gumóban is igazolható az akkumuláció. Ezen túlmenően tendenciájában vagy igazolhatóan emelkedett az Al, illetve mérséklődött a Na mennyisége a levelekben (5. táblázat).

5. táblázat: Cu-kezelések hatása a burgonya elemtartalmára 1993-ban, mg/kg

Cu kg/ha/év	06.14-én lomb			07.12-én levél			Gumó
	Al	Na	Cu	Al	Na	Cu	Cu
0	126	67	11	104	95	8	7,2
50	122	59	18	101	76	13	8,8
100	145	51	21	116	74	15	8,8
SzD <sub>5%</sub>	14	9	2	14	8	2	0,5
Átlag	131	59	17	107	82	12	8,1

A N-trágyázás drasztikus termésnövekedést eredményezett ebben a száraz évben. A N által okozott mérgezésre utal, hogy a gumó légszárazanyag tartalma csökkenő az elszáradó termésben. Normál években, pozitív N-hatások esetén a N-bőség fiatalít, növeli a szövetek víztartalmát a K-hoz hasonlóan. A gumóban a töményedési effektus nyilvánult meg. A csökkenő termésben nőtt a N, S, Ca, Mn, Sr elemek koncentrációja (6. táblázat).

**6. táblázat:** N-szintek hatása a burgonya gumótermésére és némely elemösszetételére 1993-ban

N-szintek kg/ha/év	Gumó t/ha	Légszáraz anyag %	Légszáraz gumó elemtartalomra				
			N%	S%	Ca*	Mn*	Sr*
0	16,1	18,6	1,60	0,12	544	4,6	3,3
100	13,3	18,3	1,80	0,13	649	5,0	3,4
200	10,6	17,6	1,92	0,14	682	5,8	3,8
300	9,8	17,8	2,00	0,14	861	5,7	3,9
SzD <sub>5</sub> %	2,1	0,6	0,15	0,01	82	0,9	0,4
Átlag	12,4	18,0	1,83	0,13	684	5,3	3,6

Megjegyzés: Tőszám átlagosan 60 ezer db/ha. \* A Ca, Mn, Sr mg/kg-ban adva

**7. táblázat:** A légszáraz burgonya átlagos összetétele és a gumótermés elemfelvétele

Elem jele	Mérték- egység	Levélben		Gumó 09.08-án	Mérték- egység	Gumóban felvett
		06.14-én	07.12-én			
N	%	4,71	3,59	1,83	kg/ha	22,7
K	%	3,84	2,49	2,11	kg/ha	26,2
Ca	%	1,91	3,01	0,07	kg/ha	0,8
Mg	%	0,46	0,63	0,09	kg/ha	1,1
P	%	0,39	0,27	0,34	kg/ha	4,2
S	%	0,31	0,26	0,13	kg/ha	1,6
Fe	mg/kg	202	147	53	g/ha	65
Al	mg/kg	131	107	29	g/ha	36
Mn	mg/kg	64	73	5	g/ha	6
Sr	mg/kg	53	79	4	g/ha	5
Na	mg/kg	59	82	28	g/ha	35
B	mg/kg	28	29	5	g/ha	6
Cu	mg/kg	17	12	8	g/ha	10
Zn	mg/kg	15	11	21	g/ha	26
Ba	mg/kg	13	16	4	g/ha	5
Ni	mg/kg	1,1	0,6	0,6	g/ha	0,7
Mo	mg/kg	1,4	0,1	0,6	g/ha	0,7
Se	mg/kg	0,8	0,9	1,1	g/ha	1,4

Megjegyzés: optimum virágzás elején *Bergmann (1992)* szerint: 5,0-6,5 % N; 0,4-0,6 % P; 5,0-6,6 % K; 0,6-2,0 % Ca; 0,25-0,80 % Mg; 40-100 Mn, 20-80 Zn, 25-70 B, 7-15 Cu; 0,2-0,5 mg/kg Mo. *Kádár (2000)* szerint: virágzás elején 4,5-5,0 % N; 0,4-0,5 % P; 3,0-4,0 % K, virágzás végén 3,5-4,0 % N; 0,25-0,30 % P; 2,0-3,0 % K, gumóban betakarításkor 1,5-2,0 % N; 0,25-0,30 % P; 1,5-2,0 % K.



A légszáraz burgonya levelének és gumótermésének átlagos elemösszetételéről nyújt áttekintést a 7. táblázat. Összesen 6 makro elemet és 12 mikroelemet mutatunk be. Az As, Hg Cd, Pb méréshatár alatt maradt a növényi szövetekben. Látható, hogy a fiatal, virágzás kezdetén vett levél a leggazdagabb N, K, P, S, Fe, Al, Cu, Ba, Mo elemekben. A keményítőben dús gumótermésben az ásványi elemek felhígulnak. A gumó P, Zn, Se elemektől eltekintve minden más elemben szegény. A N, P, K, tartalma az irodalmi optimum tartományban van azonban. A 12,4 t/ha átlagos kicsi gumóterméssel mindössze kerekítve 23 kg N, 26 kg K (31 kg K<sub>2</sub>O), 4 kg P (9-10 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) mennyiséggel szegényedett a tábla talaja.

*Szemes et al. (1984)* szintén a nyírlugosi talajon egy termékenyebb és humuszosabb táblán NPK műtrágyázással a kontrollon mért 9 t/ha gumótermést 23 t/ha-ra tudta növelni 1979-ben *Desiré* fajtánál. A kísérletben 200 kg/ha N mellett 500-1500 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, illetve K<sub>2</sub>O feltöltő adagokat alkalmaztak. A gumóban 1,40-1,90 % N; 1,6-2,3 % K; 0,30 % P; 500 mg/kg Ca és 200 mg/kg Mg koncentrációt mértek. A termékenyebb, humuszban gazdagabb táblán a gumó összetétele közelálló volt az NPK elemek tekintetében a csernozjom talajon mérthez. A 10 t gumó tervezett elemigénye hasonló kísérleti körülmények között 18 kg N, 25 kg K<sub>2</sub>O, 8 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 1 kg CaO, 1-2 kg MgO mennyiségnek felelhet meg. Adataink felhasználhatók a tervezett burgonyatermés elemigényének számításakor a szaktanácsadásban.

#### Összefoglalás

Mészlepedékes csernozjom vályogtalajon beállított szabadföldi kísérletben vizsgáltuk a NxCu<sub>x</sub>Mo elemek közötti kölcsönhatásokat 1993-ban burgonyával. Termőhely talaja a szántott rétegben 3 % humuszt, 5 % körüli CaCO<sub>3</sub>-ot és 20 % körüli agyagot tartalmazott. Talajelemzések alapján a terület jó Ca, Mg, K, Mn, kielégítő Cu, valamint gyenge-közepes P és Zn ellátottságú volt. A talajvíz 13-15 m mélyen található, a terület aszályérzékeny. A kísérletet 4N x 3Cu = 12 kezelés x 3 ismétlés = 36 parcellával állítottuk be osztott parcellás (split-plot) elrendezéssel. A N 0, 100, 200, 300 kg/ha, a Cu 0, 50, 100 kg/ha adagokat jelentett Ca-ammóniumnitrát, illetve CuSO<sub>4</sub> formájában. A kísérlet 5. évében a 15 m hosszú parcellákat megfeleztük és 1 m-es úttal elválasztottuk. A kísérlet sávos split-plot elrendezésűvé vált 4Nx3Cu<sub>x</sub>2Mo = 24 kezelés x 3 ismétlés = 72 parcellával. A 48 kg/ha Mo-t (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>·4H<sub>2</sub>O formában alkalmaztuk. Főbb eredmények:

1. A burgonya 150 napos tenyészideje alatt mindössze 140 mm csapadékban részesült. A N-trágyázás depressziót okozott. A N-kontroll 16 t/ha gumótermése a 300 kg/ha/év N-adagnál 9,8 t/ha-ra esett. A Cu és a Mo adagok a termést nem befolyásolták.
2. A N-bőséggel emelkedett a N, Mg, Na, Fe, Zn koncentrációja a levélben, míg a S, B, Ba elemek felvételét a N gátolta. A 6 évvel ezelőtt adott CuSO<sub>4</sub> hatására a levélben megkétszereződött a Cu-tartalom, míg a gumótermésben 20-25 %-kal nőtt. A Mo-trágyázás két nagyságrenddel növelte a levelek, illetve egy nagyságrenddel (10-20-szorosára) a gumó Mo-készletét.
3. A NO<sub>3</sub>-molibdenát antagonizmus eredményeképpen a levelek Mo-tartalma közel a felére, a gumó Mo-tartalma 1/3-ával mérséklődött a Mo-nal szennyezett talajon. A növény korával a Mo-koncentráció csökken. A gumótermés bizonyos fokig védett volt a Mo hiperakkumulációjával szemben.

4. A 6 évvel korábban adott  $\text{CuSO}_4$  nyomán a levelek Cu-tartalma megduplázódott. Mérsékeltten emelkedett a gumó Cu-tartalma is. A 10 t/ha gumótermés elemigénye hasonló termesztési körülmények között 18 kg N, 25 kg  $\text{K}_2\text{O}$ , 8 kg  $\text{P}_2\text{O}_5$ , 1 kg CaO, 1-2 kg MgO mennyiségnek felelhet meg. Adataink felhasználhatók a tervezett burgonyatermés elemszükségletének számításakor a szaktanácsadásban.

### 3.9. Zab 1994-ben

#### Bevezetés és irodalmi áttekintés

A zab főként a hűvösebb, csapadékos éghajlatú északi országok gabonanövénye. Őshazája Elő-Ázsia. A bronzkortól termesztett és ismert. Értékes stratégiai termény volt évszázadokon át a hadsereg, a lovasság számára. Ahol a nyári aszály kifejezett, ott az árpa helyettesíti. Nem hatol annyira északra, mint az árpa, mert a tenyészideje hosszú. Ukrajnában a leszosztyepp-övezet növénye. A Bajkálon túl Szibériában már csak a tavaszi zab vethető a zordabb klíma miatt, az ősziék visszaszorulnak. Hazánkban a Dunántúlon és az Északi-középhegység csapadékosabb tájain terem. Az 1800-as évek közepéig mintegy 250 ezer hektáron termesztették, majd a gépi vonóerő, illetve a lőtartás visszaszorulásával területe 1/10-ére csökkent.

Esős években, amikor az árpa és a búza sínylődik, a zab a rozssal együtt buján fejlődik. Száraz tavaszon viszont alacsony és ritka marad. A nyári aszály után pedig sok a léha zab. A tavaszi árpával együtt a legkorábban vethető február 25 – március 15. között és a legkésőbb aratható, júliusban. Jó gyomelnyomó képességgel rendelkezik. Szalmája kedvelt takarmány és silózási adalék a marha és a juh számára a tavaszi árpa szalmájához hasonlóan. A júliusi késői érés ellenére a szalma még általában zöld. Ezért ajánlott korábban a kétmenetes aratás, amikor a lekaszált állomány 1-2 napig a tarlón száradt.

Erőteljes gyökérzete hasznosítja a nyers talajokat (gyeptörés, erdőirtás), kötöttebb termőhelyek tápelem és víz készletét. Ideális számára a humuszban, nitrogénben, tápanyagban gazdag vályogtalaj. A többi gabonához viszonyítva főként N-igényével tűnik ki. Homokos és tözegezes talajon K-igényessé válik. A N-igényére utal, hogy a hagyományos szakirodalom szerint a legjobb termés az istállótrágyázott kapás után várható. Hasonlóképpen kedvező, ha a zab pillangós takarmány vagy hüvelyes után következik.

A szalma tömege általában 1,5-2,0-szerese a mag tömegének. A pelyvával együtt nemcsak értékes szalastakarmány, hanem a papír és keményítő gyártásának alapanyaga is. Zölden önmagában vagy bükkönnyel vetve jelentős keményítőértékével és emészthető fehérjetartalmával tűnik ki. A magtermés sokoldalúan hasznosítható. Azon túl, hogy a lovak, valamint a növedék és tejelő állatok kiváló koncentrált abraktakarmánya, humán táplálkozásra és élelmiszeripari feldolgozásra is alkalmas. Gazdag keményítőben, fehérjében, zsírban, E-vitaminban. A zabpehely, zabliszt könnyen emészthető erőtápszer/csecsemőtápszer, melynek jelentős Ca és P készlete a csontképzést is segíti. Magjából néhol sört is erjesztettek. A mag 13-14 % fehérjét, 7-8 % nyerszsírt és 60-70 % N-mentes kivonható anyagot tartalmazhat.

Agrotechnikája gyakorlatilag a tavaszi árpáéval egyező. A kora márciusi vetés 4-5 cm mélyre történik 55-60 db szem/fm, gabonasor-távra 4-5 millió csíra/ha, illetve

130-150 kg·ha<sup>-1</sup> vetőmagnormával. A hektolitersúly 40-60 kg, ezermagtömeg 20-40 g körüli. A korábbi hazai irodalom 1-2 t·ha<sup>-1</sup> szemtermésekről tudósít általában (Cserhádi 1901; Grábner 1948; Muraközi 1958; stb.). Antal (2000) és Jolánkai (2005) az újabb termesztési körülmények között a 2-6 t·ha<sup>-1</sup> termésszinteket feltételez a termőhelyek függvényében. Megemlíthető, hogy kiugró termésekről ad számot Jakuskin (1947) a korábbi Szovjetunió területén, aki szerint Novoszibirszk körzetében a „Trudovnyik” kolhoz 7 t·ha<sup>-1</sup> feletti szemterméseket ért el.

A hazai növénytermesztési szakirodalom a zab fajlagos, 1 t szem + a hozzátartozó melléktermés elemigényét 28-12-29-6-2=N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O-CaO-MgO kg-ban jelöli meg átlagosan. Saját kísérletünkben, mezőföldi mészlepedékes csernozjom talajon, a műtrágyázás függvényében mért fajlagos elemtartalom jól egyezett az Antal (2000) és Jolánkai (2005) által ajánlottakkal és az alábbi értékek között ingadozott: N-23-33 kg, K<sub>2</sub>O 24-36 kg, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 9-16 kg, CaO 5-10 kg, MgO 3-5 kg (KÁDÁR ÉS LÁSZTITY 1997). Az emelkedett Ca és Mg fajlagos mutató esetünkben a meszes termőhelyre vezethető vissza. A viszonylag kedvező csapadékos évben a szem 4-6 t·ha<sup>-1</sup>, szalma 4-7 t·ha<sup>-1</sup>, az összes földfeletti biomassa 8-13 t·ha<sup>-1</sup> között változott az NPK adagok nyomán (Kádár és Lásztity 1997a).

#### Mintavétel és laboratóriumi vizsgálatok

A parcellák nettó területéről bokrosodás végén és aratás előtt 4-4 fm, azaz 0,5m<sup>2</sup> területről földfeletti növénymintákat vettünk a kémiai analízis, a tömegmérés, az aratáskori szem/szalma, illetve szem/pelyva arányának megállapítása céljából. A növényi anyagokat 40-50 °C-on szárítottuk, majd finomra őröltük. A minták laboratóriumi előkészítése a kísérleti telepen történt. Mintavételek előtt a növényállományt fejlettségre bonitáltuk 1-5 skálán. Aratás a parcellák nettó területéről, 7 x 2,1 = 14,7 m<sup>2</sup> kombájnolt csíkokból nyert termést jelentette. Az 1000-szem súlyát 4 x 500 db mag mérésével állapítottuk meg szintén parcellánként. Laboratóriumi vizsgálatok az MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézetben történtek az alább ismertetett módszerekkel:

**Növényelemzés:** A bemért 0,5 g légszáraz anyaghoz 5 cm<sup>3</sup> cc. HNO<sub>3</sub> + 1 cm<sup>3</sup> cc. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> adagolása, majd 15 perces roncsolás a mikrohullámú berendezésben. Az ásványi elemek mérése ICP-AES készüléken. A N meghatározása: 0,5 g légszáraz anyaghoz 10 cm<sup>3</sup> cc. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + cc. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> szükség szerint adagolva az MSZ 20135(1999), illetve a módosított KJELDAHL (1891) eljárással.

**Talajelemzés:** A KCl + EDTA oldható Cu-tartalmat, valamint az 1 mol/L KCl-kicserélhető NH<sub>4</sub>-N és NO<sub>3</sub>-N tartalmakat a MÉM NAK (1978), illetve Baranyai et al. (1987) által ismert eljárásokkal vizsgáltuk. Az NH<sub>4</sub>-acetát+EDTA oldható ásványi elemeket LAKANEN ÉS ERVIÖ (1971), a humuszt TYURIN (1937), az ammoniumlaktát+ecetsav oldható elemeket EGNÉR ET AL. (1960), az összes N-t az ISO 11261 (1995), illetve módosított KJELDAHL (1891) által ismertetettek alapján határoztuk meg.

A zab vetésére március 3-án került sor. Az állományt bonitáltuk fejlettségre bokrosodás idején május 9-én, majd a fellépő vetésfehérítő bogár kártételére május 30-án. Aratás előtt július 21-én parcellánként 4-4 fm, azaz 0,5m<sup>2</sup> területről mintakévet vettünk a terméselemek vizsgálata, illetve a laborelemzés céljaira. A mintakévek mérése, szárítása, cséplése, őrlése a kísérleti telepen történt. A

kombájnolt nettó parcellák területe  $7 \times 2,1 = 14,7 \text{ m}^2$  volt. Az 1000-szem tömegét  $4 \times 500$  mag mérésével állapítottuk meg szintén parcellánként A kísérletben alkalmazott agrotechnikai műveletekről és módszertani beavatkozásokról, illetve megfigyelésekről az 1. táblázat nyújt áttekintést.

1. táblázat: Agrotechnikai műveletek és megfigyelések a zab kísérletben

Műveletek megnevezése	Időpontja	Egyéb megjegyzések
1. Őszi műtrágyázás (N, P, K)	1993.11.08.	Parcellánként kézzel
2. Egyirányú szántás	1993.11.08.	MTZ-50+Lajta eke
3. Talaj elmunkálása	1994.03.01.	MTZ-50+fogas
4. Tavaszi N-műtrágyázás	1993.03.04.	Parcellánként kézzel
5. Vetőágykészítés	1994.03.04.	MTZ-80+kombinátor
6. Vetés gabonaszortávolságra	1994.03.04.	MTZ-50+Lajta 32 vetőgép
7. Vetés hengerezése	1994.03.05.	MTZ-50+gyűrűshenger
8. Vetés egyenletesen sorol	1994.03.24.	Az egész kísérletben
9. Bonitálás fejlettségre	1994.05.09.	Parcellánként 1-5 skálán
10. Mintavétel bokrosodásban	1994.05.09.	Parcellánként 4-4 fm = $0,5 \text{ m}^2$
11. Permetezés vetésfehérítő ellen	1994.05.25.	MTZ-50+NOVOR (DIMELRON)
12. Bonitálás vetésfehérítő kártételre	1994.05.30.	Parcellánként 1-5 skálán
13. Permetezés vetésfehérítő ellen	1994.05.30.	MTZ-50+MONOR (DIMELRON)
14. Szabadföldi kísérleti bemutató	1994.06.07.	Országos szakmai részvétel
15. Bonitálás aratás előtt	1994.07.20.	Parcellánként 1-5 skálán
16. Mintakéve vétele aratáskor	1994.07.21.	Parcellánként 4-4 fm = $0,5 \text{ m}^2$
17. Kombájnolás	1994.07.21.	Parcellánként $7 \times 2,1 = 14,7 \text{ m}^2$
18. Mintakévek cséplése	1994.08.18.	Parcellánként feldolgozás

Megjegyzés: Bakonyalja fajta elvetve 4-6 cm mélyre 50-60 db/fm, illetve  $150 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  vetőmagnormával

Csapadékkellátottság. Az elővetemény burgonya a talajt kiszárította. A burgonya szeptember elején történt betakarításra és a zab március elejei vetése között eltelt 6 hónap alatt azonban összesen 367 mm csapadék hullott, mely a talaj vízkészletét pótolhatta. A zab tenyészideje alatt márciusban 13, áprilisban 50, májusban 35, júniusban 17, júliusban 22, azaz a 4,5 hónap alatt (140 nap) mindösszesen 137 mm eső esett 1994-ben.

#### Kísérleti eredmények

A zab tenyészideje alatt kifejezett volt a csapadékhiány. A talaj tárolt vízkészlete a tenyészidő első felében azonban kielégítette a növény igényét. Bonitálási adataink, illetve a hajtás tömegének mérése szerint bokrosodás végén a kontroll parcellák zöld termését több mint kétszeresére növelte a bőséges N-adagolás. Depresszió nem jelentkezett. A légszáraz hozam ugyanitt kevésbé látványosan emelkedett, mert a N-bőséggel nagyobb víztartalom járt együtt, illetve a növényi szövetek szárazanyag tartalma drasztikusan csökkent. A fellépő vetésfehérítő kártétele becsléseink szerint a N-bőséggel megáldott növényeken többszöröződött. A szalma tömege aratás idején részben az aszály, részben a vetésfehérítő kártétele miatt mérsékelt maradt és

a bokrosodáskori látványos N-hatások is jórészt elenyésztek. Eredményeinket a 2. táblázat foglalja össze.

A generatív fejlődési fázisban egyértelművé válik a N-okozta depresszió. Mérséklődik a területegységre eső kalászek száma, szemek száma, az ezerszem és a hektáronkénti szemtermés tömege. Ezzel együtt a szalma/szem, illetve a melléktermés/szemtermés aránya 1-ről a 2-re tágul. Megemlítjük, hogy a pelyva tömege átlagosan  $0,63 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  mennyiséget tett ki, míg az aratáskori átlagos növénymagasság 77-80 cm volt a kezelésektől függetlenül. A Cu és a Mo kezelések a korábbi évekhez hasonlóan a termések tömegét igazolhatóan nem befolyásolták. A N-szintek aratáskori terméselemekre gyakorolt hatását a 3. táblázat adatain tanulmányozhatjuk.

2. táblázat: N-szintek hatása a zab fejlődésére és vegetatív tömegére 1994-ben

N-szintek kg/ha/év	<sup>1</sup> Bonitálás 05.09-én	<sup>2</sup> Bonitálás 05.30-án	<sup>3</sup> Hajtás* 05.09-én	Légsz.anyag 05.09-én	Aratáskor 07.21-én, t/ha		
					Szalma	Pelyva	Együtt
0	1,0	1,3	6,9	18,8	3,23	0,67	3,90
100	3,1	2,9	11,1	15,2	3,74	0,69	4,43
200	4,7	4,6	11,7	14,4	3,79	0,60	4,39
300	4,9	4,6	12,0	14,0	3,78	0,55	4,33
SzD <sub>5%</sub>	0,2	0,8	9	0,5	0,33	0,15	0,40
Átlag	3,4	3,4	10,4	15,6	3,64	0,63	4,27

<sup>1</sup>Bonitálás 05.09-én (1= gyengén, 5= jól fejlett állomány); <sup>2</sup> Bonitálás vetésfehérítő kártételre 05.30-án (1= 10 % alatti, 5= 40-50 %-os kártétel), <sup>3</sup>Hajtás (légszáraz tömeg, g/0,5m<sup>2</sup>)

3. táblázat: N-szintek hatása az aratáskori terméselemekre

N-szintek kg/ha/év	Kalász db/0,5m <sup>2</sup>	Szem 1000 db/m <sup>2</sup>	1000-mag g	Szem t·ha <sup>-1</sup>	Szalma	Pelyva	Mellékterm
					Szem	Szem	Szem
0	225	12,5	30,1	3,75	0,86	0,18	1,04
100	175	12,2	27,0	3,28	1,14	0,21	1,35
200	149	9,3	27,2	2,53	1,51	0,24	1,75
300	140	7,8	27,4	2,14	1,77	0,26	2,03
SzD <sub>5%</sub>	20	1,2	1,2	0,24	0,41	0,05	0,62
Átlag	172	10,4	27,9	2,92	1,32	0,22	1,54

Megjegyzés: átlagos növénymagasság 77 cm

A N-trágyázás hajtó, egyéb elemek felvételét serkentő befolyása látványosan jelentkezik. Bokrosodáskor igazolhatóan nő a N, K, Ca, P, S, Mg, Na elemek koncentrációja a hajtásban. Legkifejezettebben a Na-é, mely megkétszereződik. Ez alól csak a Ba kivétel, mely feleződik a N-bősséggel. Az aratás idején a szalmában mintegy a 3-szorosára emelkedik a Ni, kétszeresére a N és a P, de erőteljesen nő a S és Mg tartalma is. A szalma Na-készlete ugyanakkor esetenként nagyságrenddel megugrik a bokrosodás idején mérthez képest, de a N-bősséggel drasztikusan

visszaesik, közel a felére. A mag genetikailag védett, összetétele kevésbé módosul. A szalmához viszonyítva dúsul N, P, Ni elemekben, illetve elszegényedik K, Ca, Na, Ba elemekben. Az átlagos S, Mg készlete kiegyenlítettnek tűnik a vegetatív és a generatív szervekben (4. táblázat).

A növény tápláltsági állapotát értékelve levéldiagnosztikai szempontból korábban megállapítottuk, hogy a zab kielégítően ellátott NPK elemekkel, amennyiben a bokrosodáskori földfeletti hajtása szárazanyagra számítva 4-5 % N és K, 0,4-0,5 % P elemet tartalmaz. Az optimális N/P és K/P aránya tehát 10 körüli (*Kádár és Lásztity 1997b*). *Bergmann (1992)* az alábbi tágabb optimumokat közli a zab bokrosodáskori összetételére: N 3-5 %, K 4-6 %, P 0,3-0,6 %; Ca 0,5-1,0 %; Mg 0,2-0,3 %; Mn 40-100, Zn 25-70, B és Cu 6-12, Mo 0,15-0,40 mg·kg<sup>-1</sup>. A 4. táblázat adataiból megállapítható, hogy az állomány a N, P, K, Ca, valamint a S és Mg elemekkel egyaránt kielégítően ellátott volt.

4. táblázat: N-szintek hatása a zab szerveinek elemtartalmára 1994-ben

N-szint kg/ha/év	%						mg/kg	
	N	K	Ca	P	S	Mg	Na	Ni
<b>Bokrosodáskori hajtás 05.09-én</b>								
0	4,28	3,89	0,68	0,40	0,32	0,14	111	2,8
100	5,28	4,40	0,73	0,40	0,36	0,15	131	2,1
200	5,30	4,71	0,71	0,43	0,43	0,18	205	2,3
300	5,67	4,90	0,71	0,45	0,45	0,19	224	2,8
SzD <sub>5%</sub>	0,34	0,33	0,04	0,02	0,03	0,03	48	0,8
Átlag	5,10	4,48	0,70	0,42	0,39	0,16	168	2,2
<b>Szalma aratáskor 07.21-én</b>								
0	0,39	1,59	0,43	0,07	0,13	0,13	1898	0,3
100	0,60	1,72	0,46	0,08	0,15	0,14	1383	0,5
200	0,76	1,82	0,53	0,12	0,20	0,17	1179	0,8
300	0,88	1,90	0,64	0,13	0,22	0,18	1005	1,0
SzD <sub>5%</sub>	0,88	0,13	0,07	0,02	0,02	0,02	485	0,3
Átlag	0,66	1,76	0,52	0,10	0,17	0,15	1366	0,6
<b>Szem aratáskor 07.21-én</b>								
0	1,90	0,47	0,10	0,40	0,18	0,13	80	2,8
100	2,10	0,48	0,10	0,40	0,19	0,14	75	3,6
200	2,17	0,49	0,11	0,44	0,20	0,15	69	4,6
300	2,25	0,50	0,13	0,46	0,21	0,16	68	5,3
SzD <sub>5%</sub>	0,14	0,05	0,01	0,03	0,01	0,01	11	0,4
Átlag	2,10	0,49	0,11	0,42	0,19	0,14	73	4,0

Az 5. táblázat eredményei alapján arra következtethetünk, hogy a N-bőséggel az Al és Ba koncentrációja hígult a nagyobb tömegű hajtásban, míg a B-felvétel javult. Az aratáskori szalmában nőtt az Al tartalma a Ba-tartalom egyidejű csökkenése mellett. Annak ellenére, hogy a zab szemtermése aratáskor drasztikusan visszaesett, a Ba és B elemek tartalma mérséklődött a trágyázatlan kontrollhoz képest.

5. táblázat: N-szintek hatása a zab szerveinek B, Ba és Al tartalmára 1994-ben

N-szintek kg·ha <sup>-1</sup> ·év <sup>-1</sup>	Hajtás 05.09-én			Szalma 07.21-én		Szem 07.21-én	
	Al	Ba	B	Al	Ba	Ba	B
0	51	3,1	3,9	44	14	1,8	1,2
100	43	2,2	4,2	58	10	1,4	1,1
200	35	1,9	4,7	60	8	1,3	1,0
300	39	1,3	4,8	66	7	1,1	1,0
SzD <sub>5%</sub>	9	0,6	0,4	9	2	0,2	0,1
Átlag	42	2,1	4,4	57	10	1,4	1,1

A Cu beépülését mind a N, mind a Cu kínálata serkenti (6. táblázat).

6. táblázat: N x Cu szintek hatása a zab szerveinek Cu-tartalmára 1994-ben

Cu-szintek kg·ha <sup>-1</sup>	N-szintek, N kg·ha <sup>-1</sup> ·év <sup>-1</sup>				SzD <sub>5%</sub>	Átlag
	0	100	200	300		
Hajtás bokrosodásban 05.09-én						
0	4,0	6,9	9,2	8,5	3,7	7,2
50	6,3	6,9	11,0	12,7		9,2
100	6,6	9,9	9,5	13,9		10,0
SzD <sub>5%</sub>		1,8				1,3
Átlag	5,6	7,9	9,9	11,7	2,0	8,8
Szalma aratáskor 07.21-én						
0	2,2	2,8	3,3	3,8	1,2	3,0
50	2,8	3,3	4,2	5,1		3,8
100	2,7	3,3	4,0	4,6		3,7
SzD <sub>5%</sub>		0,9				0,6
Átlag	2,6	3,1	3,8	4,5	0,7	3,5
Szem aratáskor 07.21-én						
0	3,8	4,1	3,7	3,9	0,5	3,9
50	3,8	4,5	4,8	5,0		4,5
100	4,4	4,5	4,8	5,2		4,7
SzD <sub>5%</sub>		0,5				0,3
Átlag	4,0	4,4	4,4	4,7	0,3	4,4

Bokrosodáskor a pozitív kölcsönhatások eredőjeként a kontrollon mért  $4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  közel a 3-szorosára ugrik. Érdekes megemlíteni, hogy a N-trágyázás kifejezettebben növeli a Cu akkumulációját, mint a Cu-trágya. A szalma összetételében is a N-hatások dominálnak. A szem esetében a hatások kiegyensúlyozottnak tűnnek: *Bergmann (1992)* szerint a Cu-tartalom optimuma a hajtásban  $6-12 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  tartományban van, tehát a kiváltott Cu-koncentráció emelkedése előnyös lehet (6. táblázat).

7. táblázat: N és Mo szintek hatása a zab szerveinek Mo-tartalmára 1994-ben

Mo-szintek kg·ha <sup>-1</sup>	N-szintek kg·ha <sup>-1</sup> ·év <sup>-1</sup>				SzD <sub>5%</sub>	Átlag
	0	100	200	300		
Hajtás bokrosodásban 05.09-én						
0	2,5	4,4	5,8	5,1		4,5
67	89,2	94,5	95,8	92,3	3,6	92,9
SzD <sub>5%</sub>			54,4			33,2
Átlag	45,9	49,4	50,8	48,7	2,2	48,7
Szalma aratásban 07.21-én						
0	0,3	0,4	0,5	0,9		0,5
67	27,7	33,4	47,8	41,7	12,4	37,6
SzD <sub>5%</sub>			24,6			14,0
Átlag	14,0	16,9	24,2	21,3	9,2	19,1
Szem aratásban 07.21-én						
0	2,0	2,3	2,7	3,2		2,5
67	12,1	10,8	12,3	11,4	1,2	11,7
SzD <sub>5%</sub>			4,2			2,5
Átlag	7,0	6,6	7,5	7,3	0,8	7,1

A N némileg növelte a növényi szervek Mo-készletét szennyezetlen talajon. A két évvel korábban adott  $48 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  Mo-adag nyomán az eredeti Mo-tartalom a vegetatív részekben két nagyságrenddel dúsult. De a szemtermésben is megnégyszereződött (7. táblázat). Korábbi, e talajon végzett vizsgálataink igazolták, hogy a Mo a Se elemhez hasonlóan hiperakkumulációra képes és nagyságrendekkel dúsulhat (*Kádár 1995*). A Mo-nel trágyázott talajon fejlődött zab takarmányozási célokra és humán fogyasztásra egyaránt alkalmatlanná vált. A vegetatív növényi részek molibdenozist okozhatnak az állatban. Közvetve Cu-hiány is indukálódik, amennyiben a normális 10 körüli, Cu/Mo aránya drasztikusan megváltozik.

A 8. táblázat áttekinti a légszáraz zab átlagos összetételét a vizsgált 24 elemre növényi részenként. Látható, hogy a fiatal hajtás a leggazdagabb N, K, Ca, S, Mn, Fe, B, Cu, Pb elemekben. Szalmában a Na, Al, Sr, Ba, míg a szemtermésben a Zn, Mo, Ni, Se, Cr elemek dúsultak. Ami az aratáskori terméssel távozó elemek mennyiségeit illeti megállapítható, hogy a szemtermésbe épült a felvett N, P, Zn, Mo, Ni, Se, Cr nagyobb része, mely kombájn aratásnál távozik a tábláról. Amennyiben a szalmát beszántjuk, a K, Ca, Mg, S, Na, Fe, Mn, Al, Sr, Ba, B, Pb elemek döntően visszakerülnek a talajba. Az 1 t szem + a hozzátartozó melléktermés úgynevezett fajlagos elemigénye  $30 \text{ kg N}$  és  $\text{K}$ ,  $8-10 \text{ kg Ca}$ ,  $5-6 \text{ kg P}$  ( $11-13 \text{ kg P}_2\text{O}_5$ ),  $4-5 \text{ kg S}$  és  $3-$



4 kg Mg mennyiségnek adódott a kísérlet átlagában. Adataink felhasználhatók a szaktanácsadásban a tervezett termés elemigényének becslésekor.

8. táblázat: A zab szervek átlagos összetétele és elemfelvétele 1994-ben

Elem Jele	Mérték- Egység	Hajtás 05.09.	Szalma	Szem	Mérték- egység	Szalma	Szem	Együtt	Fajlagos
			07.21-én			07.21-én aratáskor			
N	%	5,10	0,66	2,10	kg·ha <sup>-1</sup>	28,2	61,3	89,5	31
K	%	4,48	1,76	0,49	kg·ha <sup>-1</sup>	75,2	14,3	89,5	31
Ca	%	0,70	0,64	0,11	kg·ha <sup>-1</sup>	27,3	3,2	30,5	10
P	%	0,42	0,10	0,42	kg·ha <sup>-1</sup>	4,3	12,3	16,6	6
S	%	0,39	0,17	0,19	kg·ha <sup>-1</sup>	7,3	5,5	12,8	4
Mg	%	0,16	0,15	0,15	kg·ha <sup>-1</sup>	6,4	4,4	10,8	4
Mn	mg·kg <sup>-1</sup>	189	105	61	g·ha <sup>-1</sup>	448	178	626	214
Fe	mg·kg <sup>-1</sup>	150	118	92	g·ha <sup>-1</sup>	504	269	773	265
Na	mg·kg <sup>-1</sup>	168	1366	73	g·ha <sup>-1</sup>	5833	213	6046	2070
Al	mg·kg <sup>-1</sup>	42	57	9	g·ha <sup>-1</sup>	243	26	269	92
Sr	mg·kg <sup>-1</sup>	24	24	4	g·ha <sup>-1</sup>	102	12	114	39
Ba	mg·kg <sup>-1</sup>	2	10	1	g·ha <sup>-1</sup>	43	3	46	16
Zn	mg·kg <sup>-1</sup>	10	5	19	g·ha <sup>-1</sup>	21	55	76	26
B	mg·kg <sup>-1</sup>	4,4	3,4	1,1	g·ha <sup>-1</sup>	14,5	3,2	17,7	6
Cu	mg·kg <sup>-1</sup>	7,2	3,0	4,4	g·ha <sup>-1</sup>	12,8	12,8	25,6	9
Mo	mg·kg <sup>-1</sup>	4,5	0,5	2,5	g·ha <sup>-1</sup>	2,1	7,3	9,4	3
Ni	mg·kg <sup>-1</sup>	2,2	0,6	4,0	g·ha <sup>-1</sup>	2,6	11,7	14,3	5
Se	mg·kg <sup>-1</sup>	0,8	0,5	0,8	g·ha <sup>-1</sup>	2,1	2,3	4,4	2
Pb	mg·kg <sup>-1</sup>	0,6	0,5	0,2	g·ha <sup>-1</sup>	2,1	0,6	2,7	1
Cr	mg·kg <sup>-1</sup>	0,2	<0,1	0,4	g·ha <sup>-1</sup>	<1,0	1,0	1,0	<1
Cd	mg·kg <sup>-1</sup>	<0,1	<0,1	<0,1	g·ha <sup>-1</sup>	<1,0	<1,0	<1,0	<1
Co	mg·kg <sup>-1</sup>	<0,1	<0,1	<0,1	g·ha <sup>-1</sup>	<1,0	<1,0	<1,0	<1

Megjegyzés: szalma+pelyva 4,27 t·ha<sup>-1</sup>, szem 2,92 t·ha<sup>-1</sup> tömeggel számolva

Figyelembe kell venni azonban, hogy a N-túltrágyázás és az aszály okozta kicsi termésekben a tápelemek betöményedtek. Mindez a fajlagos elemtartalmakat torzítja, növeli. Különösen kiugrónak minősülhet a 36 kg K<sub>2</sub>O, illetve főként a 11-14 kg CaO és 4-6 kg MgO emelkedett értékei. Utóbbihoz a meszes, Ca és Mg elemekben gazdag termőhely elemkínálata is hozzájárul. Ismert az is, hogy a Ca méregtelenítő, sejtfalat záró funkciót is betölt. Mérgezés esetén a Ca (részben a Mg) extrém módon feldúsulhat a sejtekben, érintett szövetekben. Ebből adódik, hogy a hazai szaktanácsadásban ajánlott fajlagos CaO és MgO tartalmak kétszeresét mértük kísérletünkben.

### Összefoglalás

Mészlepedékes csernozjom vályogtalajon beállított szabadföldi kísérletben vizsgáltuk a NxCuMo elemek közötti kölcsönhatásokat 1994-ben zab növényvel. Termőhely talaja a szántott rétegben 3 % humuszt, 5 % körüli CaCO<sub>3</sub>-ot és 20 % körüli agyagot tartalmazott. Talajelemzések alapján a terület jó Ca, Mg, K, Mn, kielégítő Cu, valamint gyenge-közepes P és Zn ellátottságú volt. A talajvíz 13-15 m mélyen található, a terület aszályérzékeny. A kísérletet 4N x 3Cu = 12 kezelés x 3

ismétlés = 36 parcellával állítottuk be osztott parcellás (split-plot) elrendezéssel. A N 0, 100, 200, 300 kg·ha<sup>-1</sup>, a Cu 0, 50, 100 kg/ha adagokat jelentett Ca-ammóniumnitrát, illetve CuSO<sub>4</sub> formájában. A kísérlet 5. évében a 15 m hosszú parcellákat megfeleztük és 1 m-es úttal elválasztottuk. A kísérlet sávos split-plot elrendezésűvé vált 4Nx3Cux2Mo = 24 kezelés x 3 ismétlés = 72 parcellával. A 48 kg·ha<sup>-1</sup> Mo-t (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>·4H<sub>2</sub>O formában alkalmaztuk. Főbb eredmények:

- Az aszályos évben mindössze 137 mm eső esett a zab 140 napos tenyészideje alatt. A N-trágyázás nyomán a kontrollon mért 3,8 t·ha<sup>-1</sup> szemtermés 2,1 t·ha<sup>-1</sup>-ra zuhant. A Cu és a Mo kezelések a terméstömeget nem befolyásolták, hasonlóan a korábbi évekhez.

- A N-bőséggel emelkedett a N, Ca, K, P, S, Mg, Ni koncentrációja a bokrosodáskori hajtásban, aratáskori szalmában és szemben egyaránt, míg a Na és Ba mennyisége visszaesett aratás idején.

- A Cu beépülését mind a Cu, mind a N kínálata serkentette. A fiatal hajtás Cu-tartalma a pozitív NxCu kölcsönhatás nyomán megháromszorozódott. A N-trágyázás kifejezettebben növelte a Cu-tartalmat, mint a Cu-trágya.

- A két évvel korábban adott 48 kg·ha<sup>-1</sup> Mo-adag nyomán a zab vegetatív részeinek Mo-koncentrációja két nagyságrenddel dúsult és a magban is többszörösére nőtt. A termés állati fogyasztásra alkalmatlanná vált.

- Az 1 t szem + a hozzátartozó melléktermés fajlagos elemtartalma 30 kg N, 36 kg K<sub>2</sub>O, 11-13 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 11-14 kg CaO, 4-6 kg MgO mennyiségnek adódott. A N túltrágyázás okozta depresszió (kis termések) miatt az elemek betöményedtek a növényi szövetekben. Az extrém nagy CaO és MgO fajlagos értékek létrejöttéhez a meszes, Ca és Mg elemekben gazdag termőhely is hozzájárulhatott.

### 3.10. Rozs 1995-ben

#### Bevezetés és irodalmi áttekintés

A rozs sokoldalúan hasznosítható gabonafélénk. Lisztjéből jó minőségű kenyér készíthető, korpája kiváló abraktakarmány, hosszú szívós szalmája alomként és tetőfedésre is felhasználható. Korán etethető zöldtakarmány, de a homoki szőlő és gyümölcs ültetvényekben biztonsággal termesztendő talajvédő és zöldtrágya növényül is szolgálhat. Főként a Nyírség és a Duna-Tisza közti homoktalajokon, illetve Ny-Dunántúl gyenge termékenységű tájain vetik, ahol a búza rosszul sikerül. Gyökérzetét már ősszel kifejleszti és elbokrosodik. Tavasszal korán szárba indul, mert kicsi a hőigénye. Gyors fejlődésével a gyomok kevésbé tudnak lépést tartani, betegségekkel és kártevőkkel szemben kevésbé érzékeny. Termesztési tapasztalatok szerint a homokverést is jól tűri (Antal et al. 1966, Bauer 1975, Láng 1976).

Prjanyisnyikov (1965) kiemeli, hogy a gyökér tömege a 6 t/ha mennyiséget is elérheti, melyhez a gyökerek intenzív víz- és elemfelvétele járul hosszú tenyészidővel. A szerző szerint előnye még a fagyűrész, hó nélküli teleken sem fagy ki. Szárazságtűréséhez az is hozzájárul, hogy vízigénye főleg tavasszal, nyár elején kifejezett, amikor még a téli tartalékot hasznosíthatja. Általánosan elfogadott, hogy trágyaigénye mérsékelt, mert még a szegényebb talajok nyers tápanyagait is képes felvenni. Egyaránt megterem homokon, tőzezen vagy kötöttebb talajon, meszes vagy savanyú termőhelyen (Balás 1889, Becker-Dillingen 1934, Geisler 1988).

Cserhádi (1901) szerint legjobb minőségű a nyírségi rozsz. Előnyös számára a pillangós zöldtrágyázás csillagfürttel és PK műtrágyákkal kiegészítve. Istállótrágyát az elővetemény alá javasolja, de megjegyzi, hogy „...nagyon sovány talajon istállótrágyázva sem dől meg.” A rozsz közismerten jól elviseli a monokultúrát. Az 1959 őszen Láng István által Duna-Tisza közti homokon beállított „örökrozsz” tartamkísérletben a termések pl. 20, illetve 30 év után sem csökkentek. Ellenkezőleg, 30-50 %-kal emelkedtek mind a trágyázatlan, mind a műtrágyázott kezelésekben (Láng 1973, Kádár et al. 1984, Lásztity et al. 1993).

Ami a műtrágyahatásokat illeti, a meszes homoktalajon folyó tartamkísérleteinkben az átlagosan  $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{év}^{-1}$  körüli N,  $\text{P}_2\text{O}_5$  és  $\text{K}_2\text{O}$  adagok bizonyultak hatékonynak. A nagyobb adagok érdemi terméstöbbleteket nem eredményeztek. A talajok kielégítő PK-ellátottsága a 100-120  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  AL- $\text{P}_2\text{O}_5$ , illetve AL- $\text{K}_2\text{O}$  tartalommal volt jellemezhető. A szemtermés átlagosan  $0,5\text{-}1,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ , a szalma  $1,0\text{-}2,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  mennyiséget tett ki a kontroll parcellákon, míg  $1,0\text{-}3,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  szem, illetve  $3,0\text{-}6,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  szalma a trágyázott kezelésekben az évektől függően (Láng 1973, Kádár et al. 1984, Lásztity 1986, Lásztity et al. 1993).

A nyírségi savanyú homokon a kontroll parcellák átlagtermése  $1,2\text{-}1,7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  szemtermést tett ki, jelentősen meghaladta a Duna-Tisza közti meszes homok termőhelyét. Döntően az NP-trágyázás nyomán a szemtermések kedvező években megkétszereződtek. A talajvizsgálatok szerinti kielégítő ellátottság szintén 100-120  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  AL- $\text{P}_2\text{O}_5$ , illetve AL- $\text{K}_2\text{O}$  tartalomnál jelentkezett, az optimális adagok itt is a  $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{év}^{-1}$  N,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  mennyiségnek feleltek meg. Ami az évjáratokat illeti megállapítottuk, hogy a 430-500 mm éves csapadékösszeg tartományhoz kötődtek a nagyobb termések. Az extrém száraz és extrém nedves években egyaránt 20-40 % körüli terméscsökkenés következett be (Láng 1973, Kádár és Szemes 1994, Szemes és Kádár 1990, Márton 2002, Kádár et al. 2011).

#### Anyag és módszer

A rozst 1994. október 3-án vetettük el gabonasortávra, 5-7 cm mélyre 65-70 db/fm, illetve  $200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  vetőmagnormával. Bonitálást végeztünk állományfejlettségre bokrosodás végén és aratás előtt. A júniusi bőséges csapadék és viharos idő miatt megdőlt rozst külön is bonitáltuk a megdőlés mértékére. A kísérletben alkalmazott agrotechnikai műveletekről és módszertani megfigyelésekről az 1. táblázat ad áttekintést.

A parcellák nettó területéről bokrosodás végén és aratás előtt 4-4 fm, azaz  $0,5 \text{ m}^2$  területről földfeletti növénymintákat vettünk a kémiai analízis, a tömegmérés, az aratáskori szem/szalma, illetve szem/pelyva arányának megállapítása céljából. A növényi anyagokat  $40\text{-}50^\circ\text{C}$ -on szárítottuk, majd finomra őröltük. A minták laboratóriumi előkészítése a kísérleti telepen történt. Mintavételek előtt a növényállományt fejlettségre bonitáltuk 1-5 skálán. Aratás a parcellák nettó területéről,  $7 \times 2,1 = 14,7 \text{ m}^2$  kombájnnal csíkokból nyert termést jelentette. Az 1000-szem súlyát  $4 \times 500$  db mag mérésével állapítottuk meg szintén parcellánként. Laboratóriumi vizsgálatok az MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézetben történtek az alább ismertetett módszerekkel:

**Növényelemzés:** A bemért  $0,5 \text{ g}$  légszáraz anyaghoz  $5 \text{ cm}^3$  cc.  $\text{HNO}_3 + 1 \text{ cm}^3$  cc.  $\text{H}_2\text{O}_2$  adagolása, majd 15 perces roncsolás a mikrohullámú berendezésben. Az

ásványi elemek mérése ICP-AES készüléken. A N meghatározása: 0,5 g légszáraz anyaghoz 10 cm<sup>3</sup> cc. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + cc. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> szükség szerint adagolva az *ISO 11261 (1995)*, illetve a módosított *Kjeldahl (1891)* eljárással.

**Talajelemzés:** A KCl + EDTA oldható Cu-tartalmat, valamint az 1 mol/L KCl-kicserélhető NH<sub>4</sub>-N és NO<sub>3</sub>-N tartalmakat a *MÉM NAK (1978)*, illetve *Baranyai et al. (1987)* által ismert eljárásokkal vizsgáltuk. Az NH<sub>4</sub>-acetát+EDTA oldható ásványi elemeket *Lakanen és Erviö (1971)*, a humuszt *Tyurin (1937)*, az ammoniumlaktát+ecetsav oldható elemeket *Egnér et al. (1960)*, az összes N-t módosított *Kjeldahl (1891)* által ismertettek alapján határoztuk meg.

*1. táblázat: Agrotechnikai műveletek és megfigyelések a rozs kísérletben*

Műveletek megnevezése	Időpontja	Egyéb megjegyzések
1. Őszi műtrágyázás (N, P, K)	1994.09.28.	Parcellánként kézzel
2. Egyirányú szántás	1994.09.28.	MTZ-80+Lajta eke
3. Szántás elmunkálása	1994.09.30.	MTZ-50+kombinátor
4. Vetés gabonasortávra	1994.10.03.	MTZ-50+Lajta 32 vetőgép
5. Hengerezés/magtakarás	1994.10.03.	MTZ-50+gyűrűshenger
6. Kelés, az állomány sorol	1994.10.17.	Egységesen az egész kísérletben
7. Tavasz N műtrágyázás	1995.03.10.	Parcellánként kézzel
8. Bonitálás bokrosodáskor	1995.04.20.	Parcellánként 1-5 skálán
9. Mintavétel (hajtás)	1995.04.20.	Parcellánként 8 fm = 1 m <sup>2</sup>
10. Bonitálás megdőlésre	1995.07.20.	Parcellánként 1-5 skálán
11. Bonitálás állományra	1995.07.20.	Parcellánként 1-5 skálán
12. Mintakéve vétele	1995.07.20.	Parcellánként 4 fm = 0,5 m <sup>2</sup>
13. Kombájn aratás	1995.07.21.	Parcellánként 7 x 2,1 = 14,7 m <sup>2</sup>
14. Mintakévek feldolgozása	1995.08.02.	Parcellánkénti mintakéve
15. Mintakéve cséplése	1995.09.19.	Parcellánkénti cséplés
16. Minták őrlése	1995.09.22.	Parcellánként laboranalízisre
17. Ezermagtömeg mérése	1995.11.10.	Parcellánként 4x500 mag

Megjegyzés: Lovászpatonai fajta elvetve 5-7 cm mélyre, 65-70 db/fm, illetve 200 kg·ha<sup>-1</sup> vetőmagnormával

Csapadékellátottság. A zab elővetemény betakarítása 1994. július 20-án történt, a rozs vetésére pedig október 3-án került sor. A betakarítás és a vetés között eltelt idő alatt 117 mm eső esett. A rozs tenészideje alatt hullott csapadék az alábbi volt: október: 46, november: 22, december: 0, január: 12, február: 53, március: 33, április: 38, május: 37, június: 89, július: 30 mm. Roks a közel 10 hónapos tenészideje alatt tehát 360 mm csapadékban részesült, melyhez a 117 mm vetés előtti mennyiség is járult. A bőséges júniusi csapadék és a vihar miatt érés idején az állomány megdőlt.

#### Kísérleti eredmények

Bokrosodásban a 100 kg·ha<sup>-1</sup>·év<sup>-1</sup> N-adag látványosan növelte a rozs fejlettségi állapotát és a hajtás tömegét, valamint mérsékelte szárazanyag tartalmát. A

100 kg·h<sup>-1</sup>·év<sup>-1</sup> feletti N-trágyázás igazolhatóan további változást nem okozott. Aratás idejére a N-nel kezelt parcellák növényállomány megdőlt, átlagos magassága csökkent. A generatív fázisban depresszió jelentkezett: mérséklődött a kalászkok száma, az 1000-mag tömege, visszaesett a szemtermés a trágyázatlan kontrollhoz viszonyítva. A Cu és Mo kezelések hatástalanok maradtak. A vegetatív stádiumban viszont a rozs kielégítően fejlődött és aratás idején átlagosan 9 t·ha<sup>-1</sup> légszáraz szalmát adott. A pelyva tömege 1,2 t·ha<sup>-1</sup> volt, így a melléktermés mennyisége meghaladta a 10 t·ha<sup>-1</sup>-t. A melléktermés/főtermés aránya a szemterméscsökkenés miatt 2,5-3,0-ra tágult (2. táblázat).

A N-kínálattal emelkedett egy sor makro- és mikroelem koncentrációja a bokrosodáskori hajtásban: N, K, Ca, Mg, S, Mn, Al, Sr, Cd. Érvényesült a N ismert „hajtó” hatása. A gyökerek kationkicszerelő kapacitása javul a N-trágyázással. Különösen az anion NO<sub>3</sub>-N forma serkentheti a fémek, kationok beépülését a növényi szövetekbe. Erre már korábban *McLean és mtsai (1956)* is felhívták a figyelmet. Kiugró, több mint 2-szeres dúsulást mutatott a Ca, 8-szoros dúsulást a Na, illetve közel 4-szeres akkumulációt a N-kontrollhoz képest a Cd. Ezzel szemben a Ba beépülését gátolta a N-bőség. Az aratáskori szalmában csak 5 elem dúsulása igazolható: N, Ca, Mg, Na, Mn, NO<sub>3</sub>-N. A NO<sub>3</sub>-N tartaléktápanyagnak minősül és a szalma raktározószerve. A kontrollhoz viszonyítva a NO<sub>3</sub>-N 16-szorosára dúsult a maximális kínálattal. Szemtermésben a N, S, Mn és NO<sub>3</sub>-N mérsékelten dúsul, míg a Zn és a Ba mennyisége visszaszorul. Adataink a 3. táblázatban tanulmányozhatók.

2. táblázat: N-szintek hatása a rozs fejlődésére és termésére 1995-ben

N-szint kg·ha <sup>-1</sup> ·év <sup>-1</sup>	Bonitálás <sup>1</sup> fejlettségre	Légszáraz hajtás, g/m <sup>2</sup>	Légszáraz anyag, %	Megdőlés <sup>2</sup> Mértéke	Állomány cm
Bokrosodáskor április 20-án				Aratáskor július 20-án	
0	1,8	138	18	5,0	187
100	5,0	222	13	1,9	157
200	4,4	234	13	1,7	155
300	4,8	240	12	1,2	158
SzD <sub>5%</sub>	1,1	18	2	1,1	15
Átlag	4,0	208	14	2,5	164

N-szint kg·ha <sup>-1</sup> ·év <sup>-1</sup>	Kalász db/4 fm	1000-mag tömege, g	Szemtermés t·ha <sup>-1</sup>	Melléktermés <sup>3</sup> t·ha <sup>-1</sup>	Összesen t·ha <sup>-1</sup>
Aratáskor július 20-án					
0	206	30	4,6	10,2	14,8
100	180	29	3,8	10,6	14,4
200	157	28	3,3	10,1	13,4
300	162	27	3,3	9,9	13,2
SzD <sub>5%</sub>	39	1	0,5	2,6	2,8
Átlag	176	28	3,8	10,2	14,0

<sup>1</sup>Bonitálás: 1 = gyengén, 5 = jól fejlett állomány; <sup>2</sup>Megdőlés: 5 = álló, 1 = megdőlt állomány

<sup>3</sup>Melléktermés: szalma+pelyva együtt (pelyva 1,2 t·ha<sup>-1</sup>, szalma 9,0 t·ha<sup>-1</sup>)

A Cu beépülését mind a Cu, mind a N trágyák serkentették. A vegetatív hajtásban és a szalmában a N-bőséggel jobban nőtt a Cu-felvétel, mint a Cu-adagolással. A szemben ezek a hatások többé-kevésbé kiegyenlítődtek (5. táblázat).

3. táblázat: N hatása a légszáraz rozs összetételére a Cu és Mo kezelés átlagában

N-szintek kg/ha/év	%					mg·kg <sup>-1</sup>
	N	K	Ca	Mg	S	Na
Bokrosodáskori hajtás 04.20-án						
0	2,80	3,34	0,37	0,15	0,18	24
100	3,40	5,01	0,66	0,27	0,27	211
200	3,77	4,81	0,82	0,28	0,29	213
300	4,38	5,17	0,94	0,28	0,30	202
SzD <sub>5%</sub>	0,60	0,55	0,09	0,19	0,03	42
Átlag	3,59	4,58	0,70	0,25	0,26	162
N-szintek kg/ha/év	mg·kg <sup>-1</sup>					
	Mn	Al	Sr	Ba	Zn	Cd
Bokrosodáskori hajtás 04.20-án						
0	66	50	18	23	14	0,03
100	87	86	28	19	19	0,05
200	91	92	32	17	18	0,07
300	97	95	33	16	17	0,11
SzD <sub>5%</sub>	7	28	7	5	4	0,06
Átlag	85	81	28	19	17	0,06
N-szintek kg/ha/év	%		mg·kg <sup>-1</sup>			
	N	Ca	Mg	Na	Mn	NO <sub>3</sub> -N
Szalma 07.21-én						
0	0,40	0,24	666	35	28	54
100	0,46	0,34	931	113	38	475
200	0,50	0,37	909	80	45	667
300	0,54	0,41	819	69	49	875
SzD <sub>5%</sub>	0,08	0,06	111	39	6	138
Átlag	0,48	0,34	831	74	40	518
N-szintek kg/ha/év	%		mg·kg <sup>-1</sup>			
	N	S	Zn	Mn	Ba	NO <sub>3</sub> -N
Szem 07.21-én						
0	1,66	0,15	24	45	3,64	83
100	1,95	0,16	20	45	3,29	111
200	2,25	0,17	20	56	3,29	141
300	2,17	0,18	19	56	1,62	130
SzD <sub>5%</sub>	0,08	0,02	2	5	1,41	62
Átlag	2,01	0,17	21	50	2,96	116

Megemlítjük, hogy a rozs hajtása a bokrosodás végén optimális tápláltsági állapotot tükrözhet *Bergmann (1992)* szerint, amennyiben a N 2,0-4,0 %; K 2,7-

4,0 %; Ca 0,3-1,0 %; P 0,25-50 %; Mg 0,12-0,30 %, illetve a Mn-20-100, Zn 15-60, Cu és B 5-10, Mo 0,1-0,3 mg·kg<sup>-1</sup> tartományban van. Úgy tűnik a 3. és 4. táblázatban bemutatott eredményekből, hogy a N-kínálattal a legtöbb vizsgált elem a kielégítő ellátottsági kategóriába kerülhetett.

4. táblázat: N és Cu szintek hatása a légszáraz rozs Cu tartalmára 1995-ben, mg/kg

Cu-szint kg·ha <sup>-1</sup>	N-szintek, kg·ha <sup>-1</sup> ·év <sup>-1</sup>				SzD <sub>5%</sub>	Átlag
	0	100	200	300		
Hajtás bokrosodáskor 04.20-án						
0	4,7	7,1	7,7	8,1	1,3	6,9
50	5,1	8,9	9,2	9,9		8,3
100	6,0	9,6	10,2	12,0		9,4
SzD <sub>5%</sub>				1,2		0,6
Átlag	5,3	8,5	9,0	10,0	0,9	8,2
Szalma 07.21-én						
0	1,6	2,7	3,4	3,8	1,0	2,9
50	2,2	3,9	4,1	4,2		3,6
100	1,8	5,0	5,4	4,4		4,1
SzD <sub>5%</sub>				0,8		0,4
Átlag	1,9	3,8	4,3	4,1	0,7	3,5
Szem 07.21-én						
0	5,7	5,4	6,4	6,2	0,8	5,9
50	5,6	6,8	7,9	7,2		6,8
100	6,5	7,2	7,2	6,4		6,9
SzD <sub>5%</sub>				1,0		0,5
Átlag	6,0	6,5	7,2	6,6	0,4	6,5

Kimutatható volt a Mo-kezelések hatása is a szalma elemtartalmára. Amint az 5. táblázatban megfigyelhető, a Mo-nel kezelt parcellák szalmájában rendre kisebb Ca, S, Fe, Mn, Ba, Sr, Cu koncentrációkat találunk. Kifejezettebben megnyilvánul ez a Fe, Ba, Sr, Cu elemeknél, ahol a Mo-kezelés 20 %-ot meghaladó mértékű visszaesést okozhatott. A 6. táblázatban közölt eredmények szerint a N-kínálat serkentette a növényi szervek (elsősorban a fiatal hajtás) Mo akkumulációját. Emelkedett ugyanitt a B és tendenciájában mérséklődött a Se koncentrációja. A Mo-trágyázás nyomán nagyságrenddel nőtt a vegetatív részek Mo-tartalma. A dúsulás a szemben is 4-szeres volt átlagosan. A Mo-akkumulációt a N-kínálat megháromszorozta a vegetatív szervekben. A Mo-trágyázás megkétszerezte ugyanakkor a B-tartalmakat a hajtásban.

5. táblázat: N és a Mo szintek hatása a légszáraz szalma elemtartalmára

N-szint kg·ha-1·év <sup>-1</sup>	Ca	S	Fe	Mn	Ba	Sr	Cu
	%		mg·kg <sup>-1</sup>				
Mo = 0 kg·ha <sup>-1</sup>							
0	0,27	0,11	84	30	37	18	2,4
100	0,37	0,16	121	41	34	24	4,6
200	0,40	0,17	132	49	34	23	5,0
300	0,42	0,15	119	49	28	29	4,5
SzD <sub>5%</sub>	0,04	0,03	28	9	6	5	1,1
Átlag	0,36	0,15	114	42	33	24	4,1
Mo = 48 kg·ha <sup>-1</sup>							
0	0,21	0,08	69	27	26	14	1,4
100	0,31	0,14	83	34	26	18	3,1
200	0,35	0,15	93	41	24	20	3,6
300	0,39	0,14	104	48	24	20	3,6
SzD <sub>5%</sub>	0,07	0,03	28	8	6	4	0,9
Átlag	0,32	0,13	87	38	25	18	2,9

Külön figyelmet érdemel a NO<sub>3</sub>-N felhalmozódása a szemben a Mo-nel kezelt parcellákon. A N-kontroll talajon termett mag 24 mg·kg<sup>-1</sup> NO<sub>3</sub>-N, míg a Mo-kezelt 143 mg·kg<sup>-1</sup> NO<sub>3</sub>-N készlettel rendelkezik. Ismeretes, hogy az *Azotobacter* és *Clostridium* fajok N-kötéséhez Mo (mint specifikus katalizátor) szükséges. Szalai (1974) szerint Mo hatására a N-kötés intenzitása 6-7-szeresére emelkedhet.

6. táblázat: N és a Mo szintek hatása a légszáraz rozs elemtartalmára, mg/kg

N-szint kg·ha <sup>-1</sup> ·év <sup>-1</sup>	Hajtás Mo	Hajtás B	Szalma Mo	Szalma NO <sub>3</sub> -N	Szem Mo	Szem NO <sub>3</sub> -N
Mo = 0 kg·ha <sup>-1</sup>						
0	2	1	2	36	3	24
100	5	3	3	417	3	44
200	8	4	3	658	4	94
300	9	4	3	930	4	89
SzD <sub>5%</sub>	2	2	2	192	2	22
Átlag	6	3	3	510	4	62
Mo = 48 kg·ha <sup>-1</sup> 1992-ben						
0	40	3	18	73	10	143
100	85	6	43	533	17	178
200	132	8	43	677	20	189
300	124	7	49	820	16	172
SzD <sub>5%</sub>	33	2	10	192	4	68
Átlag	95	6	38	526	16	170



Közismert az is, hogy a magasabb rendű növények NO<sub>3</sub>-redukciójához, a fehérjeképzéshez a Mo szintén elengedhetetlen, Mo hiányában a NO<sub>3</sub>-N felhalmozódik a növényben. Úgy tűnik, hogy kísérleti körülmények között a N-kötő mikroszervezetek tevékenységét a Mo-trágyázás megtöbbszörözte a talajban és ez a NO<sub>3</sub>-bőség a magtermésben is megjelent. A depressziót, mérgezést okozó N-túlsúlyt, az extrém mennyiségű NO<sub>3</sub>-N mennyiségét ugyanakkor a csökkenő magtermés nem volt képes fehérjék képzéséhez hasznosítani (6. táblázat).

A Mo-kezelések nyomán egyéb elemek koncentrációja is módosult igazolhatóan vagy tendencia jelleggel. Amint a 7. táblázatban megfigyelhető, mérséklődött a K, P, Al, Cr, illetve emelkedett a B és Pb a szalmában. A szemben csökkent a K, illetve emelkedett a beépült Pb mennyisége. Érdemi változásnak minősíthető az említettek közül a B, Cr és Pb elemtartalmakban előállt változás. A Pb a magban közel 2-szeresére, a szalmában 2,5-szeresére nőtt meg. A Mo B-felvételt serkítő hatását a hajtás is jelezte, átlagosan megkétszerezte (lásd: 6. táblázat). Mindkét elem anionként van jelen a talajban. Azonban nem az ion-antagonizmus, hanem a molibdenát és a borát ionok szinergizmusa érvényesült. A molibdenát és kromát anionok kapcsolatában viszont az antagonizmus vált látványossá. A Cr-tartalom a Mo-kezelés nyomán 1/3-ára süllyedt.

7. táblázat: Mo-szintek hatása a légszáraz szalma és a szem egyéb elemeinek elemtartalmára

N-szint kg/ha 1992-ben	K <sup>1</sup>	P <sup>1</sup>	Al <sup>1</sup>	B <sup>1</sup>	Pb <sup>1</sup>	Cr <sup>1</sup>	K <sup>2</sup>	Pb <sup>2</sup>
	%		mg·kg <sup>-1</sup>		mg·kg <sup>-1</sup>		%	mg·kg <sup>-1</sup>
0	1,28	0,15	62	3,01	0,65	0,23	0,66	0,46
48	1,19	0,13	50	4,06	1,75	0,07	0,56	0,82
SzD <sub>5%</sub>	0,09	0,01	10	0,60	0,40	0,07	0,03	0,30
Átlag	1,23	0,14	56	3,54	1,20	0,15	0,61	0,64

<sup>1</sup>Szalmában, <sup>2</sup>Szemtermésben

A rozsszerveket 24 elemre vizsgáltuk. Az átlagos összetételt és az aratáskori elemfelvételt a 8. táblázat tekinti át. Az eredményekből látható, hogy a legtöbb elem koncentrációját tekintve a hajtás a leggazdagabb. Ez alól kivétel alig akad: Ba és Pb maximumát a szalmában, míg a P, Cr és Se maximumát a szemben találjuk. Aratás idején a szemtermésben dúsul a N, P, S, Mg, Mn, Zn, Cu, Mo, Cr, Se, míg a szalma ezen elemekben elszegényedik. Ami a felvett elemek mennyiségeit illeti, a kombájnolt szemterméssel távozik a tábláról a felvett N, P, Zn, Ni és Se nagyobb része. Megemlítjük, hogy az As, Hg, Co általában 0,1 mg·kg<sup>-1</sup> kimutatási határ alatt maradt. Az elemfelvételkor a 10,2 t·ha<sup>-1</sup> pelyvás szalma, illetve a 3,7 t·ha<sup>-1</sup> szemtermés átlagos tömegével számoltunk. A Mo-nal szennyezett talajon a rozs Mo-felvétele szalmában 140 g·ha<sup>-1</sup>, szemben 59 g·ha<sup>-1</sup>, azaz a teljes földfeletti biomaszában 199 g·ha<sup>-1</sup> mennyiséget ért el.

8. táblázat: A rozs átlagos elemtartalma és elemfelvétele

Elem jele	Mérték- Egység	Hajtás 04.20.	Szalma	Szem	Mérték- egység	Elemfelvétel 07.21-én		
			07.21-én			Szalma	Szem	Együtt
K	%	4,58	1,23	0,61	kg·ha <sup>-1</sup>	125,5	22,6	148
N	%	3,59	0,48	2,01	kg·ha <sup>-1</sup>	49,0	74,4	123
Ca	%	0,70	0,34	0,06	kg·ha <sup>-1</sup>	34,7	2,2	37
P	%	0,49	0,14	0,50	kg·ha <sup>-1</sup>	14,3	18,5	33
S	%	0,26	0,14	0,16	kg·ha <sup>-1</sup>	14,3	5,9	20
Mg	%	0,25	0,08	0,15	kg·ha <sup>-1</sup>	8,2	5,6	14
Fe	mg·kg <sup>-1</sup>	215	100	70	g·ha <sup>-1</sup>	1020	259	1279
Na	mg·kg <sup>-1</sup>	162	74	30	g·ha <sup>-1</sup>	755	111	866
Mn	mg·kg <sup>-1</sup>	85	40	50	g·ha <sup>-1</sup>	408	185	593
Al	mg·kg <sup>-1</sup>	81	56	26	g·ha <sup>-1</sup>	571	96	667
Sr	mg·kg <sup>-1</sup>	28	21	2	g·ha <sup>-1</sup>	214	7	221
Ba	mg·kg <sup>-1</sup>	19	29	3	g·ha <sup>-1</sup>	296	11	307
Zn	mg·kg <sup>-1</sup>	17	6	21	g·ha <sup>-1</sup>	61	78	139
Cu	mg·kg <sup>-1</sup>	8	4	6	g·ha <sup>-1</sup>	41	22	63
B	mg·kg <sup>-1</sup>	5	4	2	g·ha <sup>-1</sup>	41	7	48
Mo	mg·kg <sup>-1</sup>	6	3	4	g·ha <sup>-1</sup>	31	15	46
Ni	mg·kg <sup>-1</sup>	0,59	<0,10	0,41	g·ha <sup>-1</sup>	<1,0	1,5	2
Pb	mg·kg <sup>-1</sup>	0,33	1,20	0,64	g·ha <sup>-1</sup>	12,2	2,4	15
Cr	mg·kg <sup>-1</sup>	0,31	0,15	0,34	g·ha <sup>-1</sup>	1,5	1,3	3
Se	mg·kg <sup>-1</sup>	0,09	<0,05	0,76	g·ha <sup>-1</sup>	<1,0	2,8	3
Cd	mg·kg <sup>-1</sup>	0,07	0,05	0,06	g·ha <sup>-1</sup>	<1,0	<0,1	<1

Megjegyzés: As, Hg, Co általában 0,1 mg·kg<sup>-1</sup> kimutatási határ alatt. Elemfelvételnél a pelyvás szalma 10,2 t·ha<sup>-1</sup>, illetve a szemtermés 3,7 t·ha<sup>-1</sup> átlagos tömegével számolva. A Mo-kezelt talajon a rozs Mo felvétele elérte a szalmában a 140 g·ha<sup>-1</sup>, szemben az 59 g·ha<sup>-1</sup>, azaz a teljes földfeletti biomasszában a 199 g·ha<sup>-1</sup> mennyiséget

Felmerül a kérdés, hogy mennyiben vált a növényi termés a kezelések nyomán takarmányozási vagy humán fogyasztási célokra alkalmatlannak? Takarmányban a 0,25 % feletti NO<sub>3</sub>-N tartalom a hazai előírások szerint már nem megengedett. Ismert, hogy a NO<sub>3</sub>-N a gyomorban mérgező nitráttá redukálódik. Kísérletünkben a szem 140-190, a szalma 54-875 mg·kg<sup>-1</sup> tartományban halmozta fel a NO<sub>3</sub>-N-t, tehát nem érte el az egészségügyi határt. A Mo a hajtásban 40-124 mg·kg<sup>-1</sup>, szalmában 18-49 mg·kg<sup>-1</sup>, szemben 10-20 mg·kg<sup>-1</sup> tartományban mozgott a NxMo kezelésekben. A takarmányok, élelmiszerek normális Mo-készlete általában az 1-2 mg·kg<sup>-1</sup> értéket nem haladja meg. A 10 mg·kg<sup>-1</sup> feletti Mo-tartalmat a szakirodalomban állatra és emberre egyaránt kedvezőtlennek minősíti. Tartós terhelés esetén molibdenózis, Mo-mérgezés alakulhat indukált Cu-hiánnyal egybekötve (Barcsák 2004, Finck 1982, Klapp 1971, Geisler 1988).

## Összefoglalás

Mészlepedékes csernozjom vályogtalajon beállított szabadföldi kísérletben vizsgáltuk a  $N_xCu_xMo$  elemek közötti kölcsönhatásokat 1995-ben rozssal. Termőhely talaja a szántott rétegben 3 % humuszt, 5 % körüli  $CaCO_3$ -ot és 20 % körüli agyagot tartalmazott. Talajelemzések alapján a terület jó Ca, Mg, K, Mn, kielégítő Cu, valamint gyenge-közepes P és Zn ellátottságú volt. A talajvíz 13-15 m mélyen található, a terület aszályérzékeny. A kísérletet  $4N \times 3Cu = 12$  kezelés  $\times 3$  ismétlés = 36 parcellával állítottuk be osztott parcellás (split-plot) elrendezéssel. A N 0, 100, 200, 300  $kg \cdot ha^{-1}$ , a Cu 0, 50, 100  $kg \cdot ha^{-1}$  adagokat jelentett Ca-ammóniumnitrát, illetve  $CuSO_4$  formájában. A kísérlet 5. évében a 15 m hosszú parcellákat megfeleztük és 1 m-es úttal elválasztottuk. A kísérlet sávos split-plot elrendezésűvé vált  $4N \times 3Cu \times 2Mo = 24$  kezelés  $\times 3$  ismétlés = 72 parcellával. A 48  $kg \cdot ha^{-1}$  Mo-t  $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$  formában alkalmaztuk. Főbb eredmények:

- Bokrosodás idején a 100  $kg \cdot ha^{-1}/év$  N-adag látványosan növelte a rozshajtásának tömegét és csökkentette szárazanyagát. Az efeletti N-kínálat hatástalan volt. Aratáskor a N-trágyázás depressziót okozott. A kontrollhoz képest visszaesett a kalászosok száma, 1000-mag tömege, szemtermés. A szem átlagosan 3,8  $t \cdot ha^{-1}$ , szalma 9,0  $t \cdot ha^{-1}$ , pelyva 1,2  $t \cdot ha^{-1}$ , az összes földfeletti biomassa 14  $t \cdot ha^{-1}$  légszáraz anyagot adott. A Cu és a Mo trágyák a termés tömegét nem befolyásolták.

- A N-kínálattal a legtöbb vizsgált makro- és mikroelem koncentrációja emelkedett a növényi szövetekben, ez alól kivételt a Ba jelentett. A Cu beépülését mind a N, mind a Cu kínálata serkentette. A Mo-trágyázással nagyságrenddel nőtt a vegetatív szervek Mo-tartalma, dúsulás a magban is 4-szeres volt átlagosan. A N-bőség a Mo hiperakkumulációját tovább segítette.

- A Mo-trágyázás nyomán mérséklődött a Fe, Ba, Sr, Cu beépülése, míg a  $NO_3-N$  és B dúsulása volt kifejezett és igazolható. Az átlagos B-tartalom a hajtásban megkétszereződött, a szalmában 1/3-ával nőtt. A  $NO_3-N$  a N-kontroll parcellákon 24  $mg \cdot kg^{-1}$ -ről 143  $mg \cdot kg^{-1}$  értékre ugrott a magtermésben és a szalmában is megduplázódott. A Mo-B, illetve a Mo- $NO_3$  szinergizmus mellett az Pb koncentrációja is 2,0-2,5-szeresére emelkedett a Mo-kezelésekben. A Cr átlagos tartalma viszont a szalmatermésben 1/3-ára esett vissza.

- Az 1 t szem + a hozzátartozó melléktermés úgynevezett fajlagos elemtartalma átlagosan 40 kg K (48 kg  $K_2O$ ), 33 kg N, 10 kg Ca (14 kg  $CaO$ ), 9 kg P (20 kg  $P_2O_5$ ), 3-4 kg Mg (5-6 kg  $MgO$ ) mennyiségnek adódott. Az emelkedett fajlagos mutatók a szemtermés-depresszió, illetve a tág 2,5-3,0 melléktermés/főtermés arányra vezethető vissza.

### 3.11. Lucerna 1996-1999. években

#### Bevezetés és irodalmi áttekintés

Származása okán a lucerna rendkívül mészigényes, de a Mg, P, S, K, B elemek kielégítő kínálata szintén alapvető. Kilúgzott savanyú talajokon rendezni kell a talaj mészállapotát Ca és szükség szerint Mg trágyák kijuttatásával. A kén pótlásáról általában nem kell gondoskodni amennyiben szuperfoszfátot alkalmazunk, hiszen a szuperfoszfát kiváló S-forrás. Míg a P-ellátás a sikeres telepítés, a megfelelő K-

szolgáltatás a megfelelő állományfejlődés feltétele. Kolloidszegény laza talajon a K-trágyázás, erősen kilúgzott termőhelyen a B-trágyázás is hatékony lehet. A B-hiány kevéssé kilúgzott talajon is felléphet extrém szárazság idején, amikor a B nagy része a feláramló vízzel a feltalajba kerül, míg az öregedő lucerna gyökerei már a mélyebb rétegekben vannak (*Simkins al. 1970*).

A N-trágyák hatékonysága a talaj állapotától, N-szolgáltatásától függ. Steril talajon szükségessé válik a talaj oltása a nagyobb mérvű N-pótlás műtrágyákkal. A nem steril talajainkon is előnyös általában a vetés előtti 30-50 kg-ha<sup>-1</sup> starter vagy indító N-adagolás, mert a gyökérgümők csak néhány hét után alakulnak ki. Telepítés előtt gyengén ellátott talajon célszerű biztosítani a lucerna PK-igényét a tervezett 3-5 évre előre/feltöltő PK-trágyázással. A fenntartható termésszintek ezen túlmenően igénylik az összvetel vagy tavasszal kijuttatott PK fenntartó trágyázást is, amennyiben a lucerna trágyaigényes, nagy mennyiségű tápelemet von ki évente a talajból megfelelő termés esetén (*Antal 1987, Radics 1994, Geisler 1988, Késmárki 2005*).

A *Rhizobium* fajok nem kötnek N-t, amennyiben a talaj N-ben jól ellátott. Sőt, a lucerna a káros NO<sub>3</sub>-N kilúgzását, a vizek szennyeződését hatékonyan képes megakadályozni (*Mathers et al. 1975*) kísérleteiben a lucerna a telepítést követő első évben több mint 300 kg-ha<sup>-1</sup> N-t vett fel a felső 180 cm rétegből. A második évben ez a kedvező hatás már a 360 cm mélységig kimutatható volt. A lucernának és más mélyen gyökerező növénynek ilyen „tisztító” hatást tulajdonítanak. *Nielsen et al. (1980)* szerint ezek a növények nemcsak a NO<sub>3</sub>-N kimosódását csökkentik, hanem egyúttal a mélyebb talajrétegek vízkészletét is mérséklék. Így megváltozhatnak a talajbani vízmozgás feltételei. A potenciál gradiens irányától függően felfelé irányuló vízáramlás léphet fel, mely a nitrátot is a felszín közeli talajrétegekbe hozza. A gyökérszónába került N felvétele lehetővé válhat a következő, sekélyen gyökerező kultúrák számára.

A lucerna szárazságtűrése nem hasonlítható össze pl. a köles szárazságtűrésével. A köles transzpirációs együtthatója 250 liter/kg sz.a., míg a lucernáé 844 liter/kg sz.a. *Mengel és Kikby (1987)* szerint. A lucerna óriási mennyiségű vizet, talajvizet tud elpárologtatni és eközben sófelvétele is tetemes lehet. *Jakuskin (1950)* példaképpen említi, hogy a 6 évig tartó öntözött gyapottermést követően a talaj 1 m rétegében talált 82 t-ha<sup>-1</sup> sómennyiség 28 t-ha<sup>-1</sup>-ra csökkent mélyebb rétegekbe távozva a lucernatermés után. Egyidejűleg 3 %-ról 10 %-ra emelkedett a vízálló morzsák aránya, a beázás mélysége 60 cm-ről 100 cm-re nőtt. A gyökér tömege az 1. évben 4,5 t-ha<sup>-1</sup>, a 2. évben 6,3 t-ha<sup>-1</sup>, a 3. évben 8,0 t-ha<sup>-1</sup> mennyiséget ért el összesen, bár a gyökerek több mint felét a szántott rétegben találták a 3. év végén is.

Az MTA TAKI űrbottyáni kísérleti telepén, Duna-Tisza közti karbonátos NK elemekkel rosszul ellátott homoktalajon, egy NPK műtrágyázási kísérlet 31-34. évében vizsgáltuk a lucerna trágyareakcióját olyan kísérletben, ahol már jól elkülönült NPK-ellátottsági szintek alakultak ki a talajban. Választ keresünk olyan kérdésekre is pl., hogyan változik a trágyázással és a kaszálásokkal a széna tömege, elemösszetétele, elemarányai. Mekkora lehet a makro-, és mikroelem felvétele? Milyen mérvű tápelem elvonás léphet fel egy 4 éves periódus alatt? Mennyiben használhatók a növényelemzés adatai a lucerna tápláltsági állapotának megítélésében? Miképpen hat az extrém K-hiány és a K-túlsúly a talajra és a növényre (*Kádár 2009, 2010, Kádár és Radics 2010*)?

Az említett űrbottyáni tartamkísérletben a lucerna az 5 év alatt  $1,58 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  N-t épített földfeletti hajtásába. Nem tudjuk mennyi maradt a N-ben gazdag gyökerekben. Mivel évente a N adagja  $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  volt, megállapítható, hogy a lucerna a felvett N több, mint 2/3-át a levegőből fedezte. A Ca-felvétel  $1,18 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  mennyiséget ért el. A felvett K tömege  $744 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  ( $893 \text{ K}_2\text{O} \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) volt, de mint láttuk az utóbbi 2-3 évben a talaj nem volt képes fedezni megfelelően a lucerna K-igényét. A talajkimerülés kérdését komolyan kell a lucerna telepítése előtt fontolóra venni. A talaj K és Ca elemekben egy 5 éves periódus alatt, hasonló körülmények között akár  $1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  mennyiséggel szegényedhet. A laza K-hiányos termőhelyen a K, a kilúgzott Ca-ban szegény talajon a Ca pótlásáról gondoskodni kell (Kádár 2010).

#### Anyag és módszer

Csapadékelátottság. A rozs elővetemény aratása 1995. július 20-án történt. Az év végéig még 201 mm eső esett. Az 1995-1999 közötti évek havi csapadékadatait és az éves csapadékösszegeket az 1. táblázat tekinti át. Látható, hogy a lucerna vetéséig 1996. április közepéig szárazság uralkodott, az év egészében 407 mm eső hullott. Az éves csapadékhozamokat tekintve legszegényebb év az 1997 volt, míg csapadékban bővelkedett az 1999. Megemlíthető, hogy a vizsgált vályogtalaj 1 m rétegének szabadföldi vízkapacitása (VKsz) 300 mm körüli. A holtvíztartalom (HV) 140 mm, a hasznosítható vagy diszponibilis vízkészlet (DV) pedig 160 mm mennyiségre tehető. Ez az induló vízkészlet részben rendelkezésére állhatott a lucernának, amennyiben az elővetemény betakarítása és a lucerna vetése között eltelt közel 9 hónap alatt lehullott 234 mm csapadék döntően a fedetlen talajba szivárgott és a párolgástól is eltekintünk.

1. táblázat: A havi csapadékadatok és évi csapadékösszegek 1995-1999 között, mm

Hónapok	É v e k					50 éves Átlag
	1995	1996	1997	1998	1999	
Január	12	4	0	54	15	29
Február	53	15	8	0	44	29
Március	33	3	13	28	17	31
Április	38	11	8	104	87	42
Május	37	63	53	79	77	47
Június	89	41	60	37	192	71
Július	30	15	50	63	129	54
Augusztus	7	25	8	61	60	60
Szeptember	87	160	4	114	19	47
Október	7	0	37	73	53	40
November	22	28	28	48	96	52
December	68	42	50	22	42	40
Éves összes	483	407	319	682	830	536

2. táblázat: Agrotechnikai műveletek és megfigyelések a kísérletben

Műveletek megnevezése	Időpont	Egyéb megjegyzés
1. Őszi műtrágyázás (NPK)	1995.10.20.	Parcellánként kézzel
2. Egyirányú szántás	1995.11.14.	MTZ-80+Lajta eke
3. Tavaszi N-műtrágyázás	1996.04.10.	Parcellánként kézzel
4. Vetőágykészítés	1996.04.11.	MTZ-80+kombinátor
5. Vetés (Szarvasi 1)	1996.04.17.	MTZ-80+Lajta vetőgép
6. Magtakarás	1996.04.17.	T4K-14+sima henger
7. Állomány sorol vontatottan	1996.05.06.	Egész kísérletben egységesen
8. Gazoló kaszálás	1996.07.31.	T4K+fűkasza
9. Bonitálás zöldbimbós korban	1996.09.30.	Parcellánként 1-5 skálán
10. Kaszálás (T4K+fűkasza)	1996.09.30.	Parcellánként $7 \times 1,5 = 10,5 \text{ m}^2$
1. Műtrágyázás (NPK)	1997.04.02.	Parcellánként kézzel
2. Bonitálás zöldbimbós korban	1997.05.20.	Parcellánként 1-5 skálán
3. Kaszálás (T4K+fűkasza)	1997.05.20.	Parcellánként $7 \times 1,5 = 10,5 \text{ m}^2$
4. Kaszálás (T4K+fűkasza)	1997.06.30.	Parcellánként $7 \times 1,5 = 10,5 \text{ m}^2$
5. Kaszálás (T4K+fűkasza)	1997.08.05.	Parcellánként $7 \times 1,5 = 10,5 \text{ m}^2$
6. Kaszálás (T4K+fűkasza)	1997.09.15.	Parcellánként $7 \times 1,5 = 10,5 \text{ m}^2$
1. Műtrágyázás (NPK)	1998.03.12.	Parcellánként kézzel
2. Bonitálás zöldbimbós korban	1998.05.15.	Parcellánként 1-5 skálán
3. Kaszálás (T4K+fűkasza)	1998.05.15.	Parcellánként $7 \times 1,5 = 10,5 \text{ m}^2$
4. Kaszálás (T4K+fűkasza)	1998.06.22.	Parcellánként $7 \times 1,5 = 10,5 \text{ m}^2$
5. Kaszálás (T4K+fűkasza)	1998.07.22.	Parcellánként $7 \times 1,5 = 10,5 \text{ m}^2$
6. Kaszálás (T4K+fűkasza)	1998.09.02.	Parcellánként $7 \times 1,5 = 10,5 \text{ m}^2$
1. Műtrágyázás (NPK)	1999.03.26.	Parcellánként kézzel
2. Kaszálás (T4K+fűkasza)	1999.05.17.	Parcellánként $7 \times 1,5 = 10,5 \text{ m}^2$
3. Kaszálás (T4K+fűkasza)	1999.06.29.	Parcellánként $7 \times 1,5 = 10,5 \text{ m}^2$
4. Kaszálás (T4K+fűkasza)	1999.07.29.	Parcellánként $7 \times 1,5 = 10,5 \text{ m}^2$
5. Tartlóhántás	1999.08.17.	MTZ-80+tárcsa

Megjegyzés: Vetés 1-2 cm mélyre, gabona sortávra  $1200 \text{ db/m}^2$  csíraszámával és  $24 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  vetőmagnormával

A vetés 1996. április 17-én történt Szarvasi 1 fajttal 1-2 cm mélyen gabona sortávra,  $1200 \text{ db/m}^2$  csíraszámával és  $24 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  vetőmagnormával. Az állomány bonitálásokat és a kaszálásokat zöldbimbós állapotban végeztük. Kaszálásenként és parcellánként 15-20 helyről gyűjtött növényi átlagminta anyaga szolgált analitikai célokra. Az értékelt nettó parcella méret  $7 \times 1,5 = 10,5 \text{ m}^2$  volt a gépi kaszálásnak megfelelően. A kísérletben alkalmazott agrotechnikai műveletekről és módszertani beavatkozásokról, illetve megfigyelésekről a 2. táblázat tájékoztat.

#### Kísérleti eredmények

Ezen a humuszos vályog csernozjom termőhelyen a N, Cu és Mo kezelések hatása a lucerna hozamaiban nem volt igazolható, ezért a széna terméseket kaszálásenként és évenként közöljük 1996-1999 között a 3. táblázatban. Az első évben 1996. július végén egy gazoló kaszálásra került sor, a termést nem értékeltük. A szeptember végén végzett 2. kaszáláskori sarjú  $1,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  légszáraz tömeget adott. Az adatokat

elemezve megállapítható, hogy a maximális hozamok az 1. kaszáláshoz köthetők, majd az előregedő lucerna termése csökken. Valójában a szeptemberi 4. kaszálás gazdaságossága 1997-ben és 1998-ban megkérdőjelezhető. Maximális teljesítményt a lucerna a 2. évében nyújtotta 11 t·ha<sup>-1</sup> légszáraz széna tömeggel. A 4 év alatt összesen 32,2 t·ha<sup>-1</sup> széna képződött. Az adatokból az is látható, hogy az éves csapadékösszeg és a terméstömeg között nem volt összefüggés, hiszen a 2. éves maximális teljesítmény a csapadékban legszegényebb évhez kötődik.

3. táblázat: Átlagos szénatermés kaszálásonként és évenként 1996-1999 között, t·ha<sup>-1</sup>

Évek	1. kaszálás	2. kaszálás	3. kaszálás	4. kaszálás	Együtt
1996	Gyomirtó	1,4	-	-	1,4
1997	4,4	4,0	2,0	0,6	11,0
1998	4,0	2,8	1,8	0,8	9,4
1999	4,8	3,0	2,6	-	10,4
Együtt	13,2	11,2	6,4	1,4	32,2

Megjegyzés: A N, Cu, Mo kezelések a termés tömegét nem befolyásolták. A zöldbimbós állapotban betakarított lucerna átlagosan 20-25 % légszárazanyaggal rendelkezett

A N-kínálattal általában igazolhatóan emelkedett 1997-ben a széna összes N-készlete, ezen belül kifejezetten a NO<sub>3</sub>-N mennyisége (4. táblázat).

4. táblázat: N hatása a lucernaszéna elemtartalmára kaszálásonként 1997-ben

N-szint kg·ha <sup>-1</sup> ·év <sup>-1</sup>	N %				NO <sub>3</sub> -N, mg·kg <sup>-1</sup>			
	05.20.	06.30.	08.05.	09.15.	05.20.	06.30.	08.05.	09.15.
0	3,29	2,82	3,01	3,19	0,56	0,87	0,46	0,14
100	3,63	2,82	3,17	3,24	1,71	0,87	0,51	0,15
200	3,97	3,02	3,26	3,21	2,42	1,65	0,85	0,19
300	3,81	3,14	3,27	3,27	2,64	1,89	1,20	0,25
SzD <sub>5</sub> %	0,21	0,24	0,17	0,17	0,53	0,23	0,18	0,02
Átlag	3,67	2,95	3,18	3,23	1,83	1,32	0,76	0,18

N-szint kg·ha <sup>-1</sup> ·év <sup>-1</sup>	K %			Ca %	Mg %			Na mg·kg <sup>-1</sup>
	05.20.	06.30.	08.05.	08.05.	06.30.	08.05.	09.15.	05.20.
0	3,26	2,46	2,41	1,94	0,28	0,30	0,61	188
100	3,09	2,32	2,27	2,02	0,29	0,34	0,76	286
200	3,17	2,36	2,22	2,21	0,31	0,36	0,72	452
300	2,96	2,29	2,11	2,26	0,31	0,34	0,73	548
SzD <sub>5</sub> %	0,16	0,11	0,16	0,18	0,03	0,03	0,05	144
Átlag	3,12	2,36	2,25	2,11	0,30	0,34	0,70	368

A nitrát forma tartaléktápanyagnak minősül, hűen tükrözi a túlkínálatot 2-4-szeres akkumulációt mutatva. A K %-a visszaesik, míg a az antagonista Ca, Mg, N elemek beépülése megnő. Különösen a mobilis Na kationé. A N és a NO<sub>3</sub>-N változása mind a négy kaszálás idején kimutatható, míg a K és a Mg változása három-három,

a Ca és Na koncentrációjának módosulása csupán 1-1 kaszálás idején. A Ca az előregedő szövetekben dúsul mérsékeltén augusztusban, míg a Na a fiatal hajtásban többszöröződik a N-kínálattal a 4. táblázat adatai szerint. Hasonlóképpen jelentkezik a N-trágyázás hatása 1998-ban: nőtt a N és a NO<sub>3</sub>-N, illetve ezzel együtt a Ca és Mg, illetve mérséklődött a K beépülése. A N és a NO<sub>3</sub>-N akkumulációja és a K-felvétel gátlása 1999-ben is több kaszálás idején megfigyelhető (5. táblázat).

5. táblázat: N hatása a széna elemtartalmára kaszálásonként 1998. és 1999. évben

N-szint kg·ha <sup>-1</sup> ·év <sup>-1</sup>	N %		K %	Ca %	Mg %	NO <sub>3</sub> -N mg·kg <sup>-1</sup>		
	05.15.	06.22.	06.22.	06.22.	06.22.	05.15.	06.22.	07.22.
1998-ban								
0	3,78	3,57	2,23	2,27	0,34	0,76	0,68	0,59
100	3,91	3,57	2,04	2,28	0,38	1,22	0,73	0,58
200	4,12	3,80	2,11	2,36	0,38	2,14	1,25	0,87
300	4,62	3,79	2,00	2,51	0,37	2,64	1,58	1,28
SzD <sub>5%</sub>	0,28	0,14	0,18	0,10	0,02	0,15	0,30	0,13
Átlag	4,11	3,68	2,09	2,35	0,37	1,69	1,06	0,83

N-szint kg·ha <sup>-1</sup> ·év <sup>-1</sup>	N %			K %			NO <sub>3</sub> -N kg·ha <sup>-1</sup>	
	05.17.	06.29.	07.29.	05.17.	06.29.	07.29.	05.17.	07.29.
1999-ben								
0	3,47	3,15	3,49	2,40	2,27	2,69	0,65	0,81
100	3,72	3,37	3,64	2,25	2,22	2,64	0,94	0,79
200	4,05	3,30	3,90	2,22	2,13	2,56	1,33	0,93
300	4,15	3,62	3,82	2,21	2,03	2,42	1,58	1,00
SzD <sub>5%</sub>	0,27	0,20	0,19	0,09	0,13	0,14	0,32	0,14
Átlag	3,85	3,36	3,71	2,27	2,16	2,58	1,13	0,88

Tanulságos megvizsgálni hogyan módosul a lucerna széna néhány makroelemének tartalma a kaszálások és évek, illetve az előregedés függvényében. A 6. táblázat eredményei szerint a Ca és Mg koncentrációja nő a korrallal, a kaszálások idejével. A Ca, Mg az „előregedés” eleme. A K ezzel szemben közismerten fiatalít, élettanilag aktív, nedvdús fiatal szövetekben halmozódik fel. A P-tartalom változása nem egyértelmű, hol csökkent, hol nőtt az előregedő növényben. A S esetében nem volt elég adatunk ahhoz, hogy megbízhatóbb következtetéseket vonjunk le.

A kísérlet indulásakor, 1988. tavaszán CuSO<sub>4</sub> formában beszántott sóból a lucerna a 9-12. év után is képes volt a rezet felvenni és a hajtás, illetve a széna Cu-tartalmát 2-4 mg·kg<sup>-1</sup> értékkel, átlagosan 30-50 %-kal növelni. Megemlítjük, hogy a Cu felvételét 1997-ben, az 1. és a 2. kaszálások idején igazolhatóan serkentette a N-trágyázás is átlagosan 1 mg·kg<sup>-1</sup> értékkel.

A Mo hasonló karbonátos talajban megtartja mobilitását és molibdenát formában marad a talajban. A Mo-nel nem szennyezett talajon a lucerna széna 2-5 mg·kg<sup>-1</sup> közötti koncentrációkat mutatott és az előregedéssel a Mo-tartalom mérséklődött a szénában. Az 1992-ben adott 48 kg·ha<sup>-1</sup> Mo-trágyázás nyomán a széna Mo készlete általában egy nagyságrenddel megemelkedett. A koncentráció csökkenése a korrallal itt is megfigyelhető (7. táblázat). A széna takarmányozásra alkalmatlanná vált a Mo-kezelés eredményeképpen. A nemzetközi szakirodalom a 10 mg·kg<sup>-1</sup> feletti Mo-tartalmat már az egészségügyi határértéket meghaladónak,



károsnak minősíti a takarmányban, mely tartós fogyasztás esetén molibdenózt, hasmenéssel járó mérgezést okozhat az állatban. Egyidejűleg Cu hiányát indukálva, amennyiben a 10 körüli optimális Cu/Mo arány drasztikusan módosul (*Chaney 1982, Sauerbeck 1985, Kloke et al. 1988*).

**6. táblázat:** Légszáraz széna átlagos makroelemtartalma kaszálásonként/évenként

Vizsgált elemek	1997-ben			
	05.20-án	06.30-án	08.05-én	09.15-én
Ca %	1,83	1,84	2,11	2,77
K %	3,12	2,36	2,25	1,29
P %	0,33	0,30	0,28	0,22
S %	0,36	0,38	0,38	0,45
Mg %	0,22	0,30	0,34	0,70
Vizsgált elemek	1998-ban			
	05.15-én	06.22-én	07.22-én	09.02-án
Ca %	2,07	2,35	2,27	2,49
K %	2,69	2,09	2,53	1,65
P %	0,37	0,31	0,31	0,31
Mg %	0,29	0,37	0,34	0,61
Vizsgált elemek	1999-ben			1996-ban
	05.17-én	06.29-én	07.29-én	09.30-án
Ca %	2,00	1,63	1,98	3,18
K %	2,27	2,16	2,58	2,41
P %	0,35	0,29	0,34	0,42
Mg %	0,23	0,25	0,30	0,49

**7. táblázat:** Mo trágyázás hatása a légszáraz lucerna széna Mo-tartalmára kaszálásonként és évenként, mg/kg

Vizsgált Évek	Kaszálások száma			
	Első	Második	Harmadik	Negyedik
Mo = 0 kg·ha <sup>-1</sup>				
1997	3,2	3,7	1,8	1,9
1998	4,8	1,8	2,0	3,2
1999	2,9	3,0	3,6	-
Átlag	3,0	2,8	2,5	2,5
Mo = 48 kg·ha <sup>-1</sup> 1992-ben				
1997	69	39	30	22
1998	29	26	26	24
1999	36	18	24	-
Átlag	45	28	27	23

A Mo-kezelés egyéb elemek beépülését is módosította. Mérséklődött a K, Cu és a NO<sub>3</sub>-N, valamint nőtt a Ca és a Mg a szénában 1997-ben. Az összes N igazolhatóan dúsult 1998 és 1999-ben. Kimutatható volt még a Ca emelkedése és a NO<sub>3</sub>-N

csökkenése 1997-hez hasonlóan. A N-Mo elemek közötti szinergizmus ismert. A N-kötő talajbani mikroorganizmusok specifikus katalizátora a Mo. A talaj N-kínálata tehát nőhet a Mo-trágyázással. A növények NO<sub>3</sub>-redukciójához szintén Mo szükséges. A Mo-trágyázással a NO<sub>3</sub>-N mérséklődhet, míg a fehérjeképződés javulhat, melyet az összes N-tartalom emelkedése is jelezhet (8. táblázat).

8. táblázat: Mo trágyázás hatása a lucerna széna egyéb elemtartalmára

Mo-szint kg/ha, 1992	K <sup>3</sup>	Ca <sup>3</sup>	Mg <sup>1</sup>	NO <sub>3</sub> -N <sup>3</sup>	Cu <sup>3</sup>	Cu <sup>4</sup>
	%		mg/kg		mg/kg	
1997-ben						
0	2,32	1,99	2,15	0,86	7,91	6,39
48	2,19	2,22	2,30	0,65	7,26	6,04
SzD <sub>5%</sub>	0,09	0,15	0,11	0,07	0,50	0,20
Átlag	2,25	2,11	2,23	0,76	7,58	6,21

Mo-szint kg/ha, 1992	N <sup>1</sup>	N <sup>3</sup>	Ca <sup>3</sup>	N <sup>1</sup>	N <sup>3</sup>	NO <sub>3</sub> -N <sup>3</sup>
	%			%		mg·g <sup>-1</sup>
1998-ban						
0	3,94	3,50	2,21	3,67	3,51	0,95
48	4,27	3,61	2,33	4,02	3,91	0,81
SzD <sub>5%</sub>	0,22	0,11	0,08	0,18	0,16	0,06
Átlag	4,11	3,56	2,27	3,85	3,71	0,88

Megjegyzés: Az elemek indexe az adott kaszálás idejére mutat. Pl: K<sup>3</sup> = K %-a a 3. kaszáláskor

A lucerna széna extrém és becsült átlagos elemtartalmáról és a 4 év alatt a 32 t·ha<sup>-1</sup> összes szénahozamba épült elemek mennyiségéről a 9. táblázat informál. Látható, hogy a minimum és a maximum koncentrációk széles határok között ingadozhatnak a kezelések, kaszálások és az évek függvényében. A hiperakkumulációt jelző Mo esetében a Mo-kezelések bemutatásától eltekintettünk. A 12 kaszálással becsléseink szerint 1190 kg N, 787 kg K (944 kg K<sub>2</sub>O), 768 kg Ca (1075 kg CaO), 154 kg Mg (257 kg MgO), 128 kg S, 102 kg P (234 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), kereken 12 kg Na, 8 kg Fe, 5-6 kg Al, 4 kg Sr, 2 kg Mn és B távoztott hektáronként.

Az 1 t széna képződéséhez szükséges úgynevezett fajlagos elemigény kísérletünkben az alábbiak adódott: 37 kg N, 25 kg K (28 kg K<sub>2</sub>O), 24 kg Ca (34 kg CaO), 5 kg Mg (8 kg MgO), 3 kg P (7 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Adataink felhasználhatók a lucerna elemigényének számításakor a szaktanácsadásban. Hasonló talajon a N pótlásától eltekinthetünk, hiszen kísérletünkben N-hatásokat nem kaptunk. Lucerna N-igényét a légköri N-kötés fedezheti. A hazai szaktanácsadás számára Antal (2005) az alábbi fajlagosakat közli: 27 kg N, 15 kg K<sub>2</sub>O, 35 kg CaO, 7 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 3 kg MgO. Összevetve megállapítható, hogy a szaktanácsadásnak ajánlott fajlagosak közül a N, K, Mg jelentősen eltér, kisebb értéket képvisel az ajánlás. Kísérleti körülményeink között a N-bősséggel túlzott elemakkumuláció járt együtt.

**9. táblázat:** A lucerna széna minimum-maximum és átlagos elemtartalma, illetve összes és fajlagos elemfelvétele 1996-1999 között

Elem jele	Mértékegység	Min/max. tartalom	Átlagos tartalom	Mértékegység	Összes felvétel	Fajlagos 1 t szénára
N	%	2,82-4,62	3,72	kg·ha <sup>-1</sup>	1190	37
K	%	1,65-3,26	2,46	kg·ha <sup>-1</sup>	787	25
Ca	%	1,63-3,18	2,40	kg·ha <sup>-1</sup>	768	24
Mg	%	0,22-0,73	0,48	kg·ha <sup>-1</sup>	154	5
S	%	0,36-0,45	0,40	kg·ha <sup>-1</sup>	128	4
P	%	0,22-0,42	0,32	kg·ha <sup>-1</sup>	102	3
Na	mg·kg <sup>-1</sup>	188-548	368	g·ha <sup>-1</sup>	11776	368
Fe	mg·kg <sup>-1</sup>	80-433	256	g·ha <sup>-1</sup>	8192	256
Al	mg·kg <sup>-1</sup>	34-316	175	g·ha <sup>-1</sup>	5600	175
Sr	mg·kg <sup>-1</sup>	92-152	122	g·ha <sup>-1</sup>	3904	122
Mn	mg·kg <sup>-1</sup>	40-108	74	g·ha <sup>-1</sup>	2368	74
B	mg·kg <sup>-1</sup>	42-89	66	g·ha <sup>-1</sup>	2112	66
Zn	mg·kg <sup>-1</sup>	9-17	13	g·ha <sup>-1</sup>	416	13
Ba	mg·kg <sup>-1</sup>	6-12	9	g·ha <sup>-1</sup>	288	9
Cu	mg·kg <sup>-1</sup>	6-12	8	g·ha <sup>-1</sup>	256	8
Mo	mg·kg <sup>-1</sup>	2-5	3	g·ha <sup>-1</sup>	96	3
Mo*	mg·kg <sup>-1</sup>	18-69	35	g·ha <sup>-1</sup>	1131	35

Megjegyzés: 32 t·ha<sup>-1</sup> összes szénahozammal és átlagos tartalommal számolva. A Ni 0,4-0,6 mg·kg<sup>-1</sup> között változott, az As, Cd, Co, Cr, Hg, Pb, Se általában 0,1-0,5 mg·kg<sup>-1</sup> kimutatási határ alatt maradt. Mo\* szennyezett talajon

### Összefoglalás

Mészlepedékes csernozjom vályogtalajon beállított szabadföldi kísérletben vizsgáltuk a Nx<sub>3</sub>CuxMo elemek közötti kölcsönhatásokat 1996-1999-ben lucernával. Termőhely talaja a szántott rétegben 3 % humuszt, 5 % körüli CaCO<sub>3</sub>-ot és 20 % körüli agyagot tartalmazott. Talajelemzések alapján a terület jó Ca, Mg, K, Mn, kielégítő Cu, valamint gyenge-közepes P és Zn ellátottságú volt. A talajvíz 13-15 m mélyen található, a terület aszályérzékeny. A kísérletet 4N x 3Cu = 12 kezelés x 3 ismétlés = 36 parcellával állítottuk be osztott parcellás (split-plot) elrendezéssel. A N 0, 100, 200, 300 kg·ha<sup>-1</sup>, a Cu 0, 50, 100 kg·ha<sup>-1</sup> adagokat jelentett Ca-ammoniumnitrát, illetve CuSO<sub>4</sub> formájában. A kísérlet 5. évében a 15 m hosszú parcellákat megfeleztük és 1 m-es úttal elválasztottuk. A kísérlet sávos split-plot elrendezésűvé vált 4Nx3Cux2Mo = 24 kezelés x 3 ismétlés = 72 parcellával. A 48 kg·ha<sup>-1</sup> Mo-t (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>·4H<sub>2</sub>O formában alkalmaztuk. Főbb eredmények:

- Ezen a humuszos vályog csernozjom talajon az alkalmazott N, Cu, Mo kezelések hatása nem jelentkezett. A vizsgált 4 év (1996-1999) alatt összesen 32 t·ha<sup>-1</sup> széna képződött. Maximális hozamok (4-5 t·ha<sup>-1</sup>) az 1. kaszálásokhoz kötődtek. Éveket tekintve a 2. lucernaév teljesítménye volt a legnagyobb 11 t·ha<sup>-1</sup> hozammal.

- A N-kínálattal nőtt a N, NO<sub>3</sub>-N, Ca, Mg, Na és esetenként a Cu, valamint mérséklődött a K beépülése a szénába. A CuSO<sub>4</sub> 10-12 éves utóhatása nyomán a

széna eredeti Cu-tartalma 30-50 %-kal, 2-4 mg·kg<sup>-1</sup> koncentrációval javult.

- A 48 kg·ha<sup>-1</sup> egyszeri Mo-adag 5-8 év után is egy nagyságrenddel emelte a széna Mo-készletét 18-69 mg·kg<sup>-1</sup> tartományba. Korral, kaszálásokkal a Mo-tartalom csökkent. Ennek ellenére a széna takarmányozásra alkalmatlanná vált. A Mo-trágyázás az egyéb elemek beépülését is módosította: igazolhatóan növelte a N, Ca, Mg, illetve mérsékelte a K, NO<sub>3</sub>-N, Cu felvételét.

- A N-kötő talajbani mikroorganizmusok specifikus katalizátoraként a Mo növelheti a talaj N-kínálatát és így a növényi N-tartalmat. A növények NO<sub>3</sub>-redukciójához is Mo szükséges, így a NO<sub>3</sub>-N csökken, beépülve a fehérjékbe a Mo hatásra. Kísérletünkben érvényesült a N-Mo, N-Cu szinergizmus, illetve Mo-NO<sub>3</sub> antagonizmus.

- Az évek, kaszálások és a kezelések nyomán a minimum-maximum elemtartalmak széles sávban változtak a szénában. A 12 kaszálással hektárra számolva a 4 év alatt összesen 1190 kg N, 787 kg K, 768 kg Ca, 154 kg Mg, 128 kg S, 102 kg P, 12 kg Na, 8 kg Fe, 5 kg Al, 4 kg Sr, 2 kg Mn és B felvétel történt. A beépült Zn 416, Ba 288, Cu 256, Mo 96 g·ha<sup>-1</sup> mennyiségnek adódott. A Mo-nal kezelt talajon a Mo felvétele 1131 g·ha<sup>-1</sup>-t tett ki.

- Az 1 t széna képződéséhez szükséges úgynevezett fajlagos elemtartalom 37 kg N, 25 kg K, 24 kg Ca, 5 kg Mg, 3 kg P (7 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) mennyiséget tett ki. Kísérleti viszonyaink között a túlzott N-bősséggel emelkedettebb fajlagos tartalom járt együtt. Lucerna N-igényét e talajon a légköri N-kötés fedezheti.

### 3.12. Repce 2000-ben

#### Bevezetés és irodalmi áttekintés

A repce trágyaigényes kultúra. Érzékeny az aszályra, tápelem-hiányra és a rovarkártevőkre egyaránt. Hagyományosan a trágyázott fekete ugarba került a jövedelmezőbb termelés érdekében, mert *Cserháti (1901)* szerint „a sovány földben repcét termelni kárba veszett fáradság.” Sokoldalúan hasznosítható. Szerepelhet a zöld takarmánykeverékekben, legeltethető, zöldtrágyanövény, korógyökere a talaj szerkezetét javíthatja, olaja keresett és drága, pogácsája fehérjében és lizinben gazdag, kiváló előveteménye a búzának, gépesítése a kalászosok gépeivel megoldott.

A repce ősszel 5-8 leveles hajtást képez, mely földhöz lapult rozettát alkot. Tavasszal részbeni levélváltást követően indul meg a főhajtás, mely elágazik. Az elágazással (2-10 db) arányos a virágok száma, mert idővel az alsóbbrendű elágazások is virágoznak. A ritka vetésnél több elágazás képződik. A virágok 5-20 %-a termékenyül meg és ebből 40-60 % képez becőt, melyek száma növényenként akár a 200-at is elérheti. A mellékajtásokon 19-24 db magszámmal kevesebb becő, a becőkben pedig kevesebb mag képződik, mint a főhajtáson. Az 1000-mag tömege 3-6 g, a gyökér tömege 30-40 %-a a szárnak.

A tápanyagellátás befolyásolja a termésszerkezetet. Változhat a tőszám, a növényenkénti elágazások és becők száma, a becőnkénti magszám, 1000-magtömeg, olaj %-a. Már ősszel részben eldől a termés sorsa. Az oldalelágazások száma kb. az őszi levélszámmal azonos. Régi megfigyelés szerint “ahány levéllel megy a repce a télbe, annyi q terméstöbblettel fizet.” A gyengén fejlett őszi állomány már nem hozhatja be fejlődésbeni hátrányát tavasszal. A termés elemek között fennáll a

kiegyenlítődésre való törekvés: negatív kapcsolat van a tőszám és elágazások száma, a becőszám és a becőbeni magszám, magszám és 1000-magtömeg, valamint a mag olaj és fehérje tartalma között.

A termésszerkezetet befolyásolja az időjárás is, mely a trágyahatások irányát és mértékét behatárolhatja. A repce ÉNy-Európa fő olajnövénye, ahol az óceáni hatások uralkodnak. A hosszúnappalos növény hűvös, párás nyarú vidékeken díszlik igazán, mert érés idején is vízigényes. Egyaránt igényli a talaj és a levegő nedvességtartalmát. Itt az újabb fajtákkal és agrotechnikával a 3-4 t/ha magtermés elérhető és a legnagyobb olajhozamot biztosítja hektáronként. A szalma + becő tömege a mag 2-3-szorosa.

A kontinentális, forró és száraz nyarú tájakon a tenyészidő generatív szakasza lerövidül, az érés gyorsul és a magtermés lecsökken. Aszály esetén kényszerérés következik be, a vegetatív részek (gyökér, szár, lomb) mobilizálható tápelemkészlete nem juthat a magba. Ilyenkor csökken a megtermékenyülés is, tehát nemcsak kisebb, hanem kevesebb mag képződik. Itthon más fajtákra van szükség, más agrotechnikát, trágyázást kell folytatnunk. A Ny-európai tapasztalatok nem vehetők át minden további nélkül. Hazai viszonyaink között pl. a mag és a melléktermék aránya tágga válik, alföldi jellegű vidékeken a szalma+becő tömege a maghozam 4-6-szorosa is lehet. Ebből adódóan eltérő lesz a növény fajlagos tápelemtartalma illetve trágyaigénye stb.

A repce számára az altalaj minősége is fontos, karógyökere mélyre hatol. A gyökér azonban gyenge felépítésű, a növény könnyen kinyűhető, ezért már kezdetben sok felvehető tápelemet igényel. Mindez igaz a P-ellátás tekintetében is. A P-hiány gátolja a korai fejlődést, kitolódik az érés, a magtermés visszaszorul. A szuperfoszfát összetételénél fogva kielégítheti a repce P-, S- és részben Ca-igényét. Ny-Európa művelt talajai P-ral feltöltöttek, az újkori irodalom érdemi P -hatásokról nem tudósít. A jelentős vegetatív tömegbe épült nagymérvű K-felvétel ellenére K-hatások itthon ritkák. A repcét általában kötöttebb mélyrétegű talajokon termesztik, ahol K-igényét kielégítheti. A felvett K döntő része a táblán maradhat az éréskor lehulló lombbal, illetve visszakerül a talajba a leszántott mellékterméssel.

Mezőföldi karbonátos csernozjom talajon a kísérlet 11. évében, 1984-ben Yet Neuf francia erukasav-szegény repcét termesztettünk. Kora tavasszal törőzsás korban az együttes NPK trágyázással a repce borítottsága megkétszereződött és ezzel együtt a gyomborítás közel a felére csökkent. Érés kezdetén, július elején igazolható volt a gyomfajszám mérséklődése, ezzel együtt a pótlólagos K-trágyázás eredményeképpen némileg nőtt az elágazások száma, illetve kifejezettebben a növényenkénti becők száma emelkedett. Az önmagában folytatott N-trágyázás nem vezetett eredményre.

Az aratáskori fő-és melléktermés hozamát közel a kétszeresére tudta növelni az intenzívebb együttes NPK adagolás. A virágzástól a teljes érésig tartó száraz idő miatt kényszerérés következett be és kis magtermések képződtek. Ebből adódóan a szár/mag tömgaránya 6-8 közöttire tágult. A növekvő egyoldalú N-trágyázás a mag olajtartalmát mérsékelte. Az együttes NPK kezeléssel az olajhozam a kontrollon mért 336-ról 738 kg·ha<sup>-1</sup>-ra emelkedett. Igazolható terméstöbbleteket a 150-200 mg·kg<sup>-1</sup> AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, illetve AL-K<sub>2</sub>O ellátottság felett már nem kaptunk. Igaz, hogy a túlzottnak minősített együttes NPK-trágyázás sem okozott termésnövekedést vagy minőségromlást, sőt némi termés és olajhozam többlettel járt (Kádár *et al.* 2001).

Az aratáskori földfeletti repce (mag+szár) a túlzott NPK trágyázásban részesült talajon kapott maximális termésével tekintélyes mennyiségű tápelemet vont ki a talajból: 238 kg N, 230 kg K<sub>2</sub>O, 210 kg CaO, 98 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 65 kg MgO, 39 kg Na, 1 kg Fe, 600 g Mn, 170 g Zn és 29 g Cu hektáronként. Megemlítjük, hogy a N 36 %-a, P 61 %-a, Mg 70 %-a, Na és Ca 90 %-a, illetve a K 92 %-a a melléktermés szárban akkumulálódott és így el sem került a tábláról kombájn betakarítást követően. Az 1,8 t/ha magterméssel „csak” 93 kg N, 27 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 20 kg CaO, 17 kg K<sub>2</sub>O, 15 kg MgO és 4 kg Na hektáronkénti mennyiséggel szegényedett a talaj. Kielégítően ellátott termőhelyen tehát elégséges a N és P magterméssel elvont mennyiségeit pótolni. Az egyéb elemek pótlása rövidtávon nem indokolt. Kielégítő N-ellátottságot hasonló talajon a 0-60, illetve 0-90 cm talajréteg 100-150, illetve 150-200 kg·ha<sup>-1</sup> NO<sub>3</sub>-N készlete is biztosíthatja, melyet vetés előtt vagy kora tavasszal állapítunk meg (Kádár *et al.* 2001).

#### Anyag és módszer

A repce vetése 1999. szeptember 14-én történt 2-3 cm mélyre, 5 kg·ha<sup>-1</sup> vetőmagnormával, 24 x 5 cm kötésben. Gyomirtást, növényvédelmi beavatkozást nem végeztünk a tenyészidő alatt. A kombájnolásra június 26-án került sor. Előtte 4-4 fm mintakévet vettünk parcellánként a főtermés és a melléktermés arányának megállapítása, illetve a laboratóriumi elemzés céljaira. A minták szárítását, cséplését, darálását a kísérleti telepen végezték. A repce 9,5 hónapos tenyészideje alatt 435 mm csapadék hullott az átlagos évnél megfelelően. Sajnos májusban mindössze 20 mm, júniusban 10 mm eső esett. Az aszályos időszak a magképződést akadályozta és kényszerítéshez vezetett.

#### Kísérleti eredmények

Az aszályos május és június, mely a repce virágzás/érés generatív szakaszát jellemezte, mérsékelt magterméseket, illetve kifejezett depressziót eredményezett. A melléktermés/főtermés hányadosa ebből adódóan 4,6-ról 13-ra tágult. A N-kínálattal látványosan nőtt a szártermés, míg a becő és a magtermés visszaesett a N-kontrollon mérthez képest. A maximális magtermés 2 t·ha<sup>-1</sup>-t tett ki N-trágyázás nélkül. A N-túlsúly nyomán 0,8 t·ha<sup>-1</sup>-ra zuhant (1. táblázat).

A N-adagokkal emelkedett a Na, Fe, Mn, Zn, illetve igazolhatóan mérséklődött a Ba koncentrációja a szárban (2. táblázat). A Cu beépülését a N és a Cu trágyázás egyaránt serkentette, míg a Cd esetében a N serkentő hatása mellett a Cu gátló hatása érvénysült (3. táblázat). Érvényesült a NxMo szinergizmus. Amint a 4. táblázatban megfigyelhető, a N és a Mo egyaránt dúsul az aratáskori szárban mind a N, mind a Mo kezelésekre nyomán. A magtermésben ez a jelenség szintén igazolható volt.

**1. táblázat:** N-trágyázás hatása a repce légszáraz termésére 2000.06.26-án

N-szintek kg·ha <sup>-1</sup> ·év <sup>-1</sup>	Szár t·ha <sup>-1</sup>	Becő t·ha <sup>-1</sup>	Együtt t·ha <sup>-1</sup>	Mag t·ha <sup>-1</sup>	Összesen t·ha <sup>-1</sup>	Melléktermés
						Főtermés
0	5,0	2,2	7,2	2,0	9,2	4,6
100	6,8	2,0	8,8	1,8	10,6	5,9
200	7,8	2,0	9,8	1,4	11,2	8,0
300	8,2	1,4	9,6	0,8	10,4	13,0
SzD <sub>5%</sub>	0,6	0,4	0,6	0,2	0,6	2,0
Átlag	6,9	1,9	8,8	1,5	10,4	6,9

**2. táblázat:** N-szintek hatása a légszáraz repceszár elemtartalmára 2000-ben

N-szintek kg·ha <sup>-1</sup> ·év <sup>-1</sup>	mg·kg <sup>-1</sup>				
	Na	Fe	Mn	Zn	Ba
0	460	78	53	8,8	7,3
100	802	92	57	10,5	6,6
200	1379	82	58	9,6	6,7
300	1400	110	63	11,2	6,2
SzD <sub>5%</sub>	400	12	6	2,0	0,4
Átlag	1010	90	58	10,0	6,7

**3. táblázat:** N és Cu szintek hatása a légszáraz repceszár Cu és Cd tartalmára

Cu-szint kg·ha <sup>-1</sup>	N-szintek kg·ha <sup>-1</sup> ·év <sup>-1</sup>				SzD <sub>5%</sub>	Átlag
	0	100	200	300		
Cu mg·kg <sup>-1</sup>						
0	2,30	2,63	2,60	2,81	0,46	2,59
50	2,28	2,52	2,82	3,21		2,71
100	3,01	3,04	3,35	3,84		3,31
SzD <sub>5%</sub>		0,50				0,25
Átlag	2,53	2,73	2,92	3,29	0,23	2,87
Cd µg·kg <sup>-1</sup>						
0	208	319	364	401	61	323
50	213	256	300	382		288
100	223	246	301	342		278
SzD <sub>5%</sub>		44				22
Átlag	215	273	321	375	30	296

Megjegyzés: Magtermésben a Cu-tartalom 3,90 %-ról 4,96 %-ra nőtt igazolhatóan a Cu-trágyázással

4. táblázat: N és Mo szintek hatása a légszáraz repceszár N és Mo tartalmára, 2000

Mo-szint kg·ha <sup>-1</sup>	N-szintek kg·ha <sup>-1</sup> ·év <sup>-1</sup>				SzD <sub>5</sub> %	Átlag
	0	100	200	300		
N %						
0	1,22	1,36	1,69	2,02	0,24	1,57
48	1,35	1,61	1,81	2,18	0,24	1,74
SzD <sub>5</sub> %			0,20			0,10
Átlag	1,29	1,49	1,75	2,10	0,12	1,66
Mo mg·kg <sup>-1</sup>						
0	1,4	1,5	1,4	1,8	0,3	1,5
48	29,9	41,7	42,6	50,1	17,0	41,1
SzD <sub>5</sub> %			12,8			6,4
Átlag	15,6	21,6	22,0	26,0	8,5	21,3

Megjegyzés: Mo-trágyázással a mag N-tartalma is igazolhatóan emelkedett

A repce átlagos elemtartalmának és elemfelvételének adatait az 5. táblázatban tanulmányozhatjuk. A szár + becő 8,8 t·ha<sup>-1</sup> mellékterméssel és 1,5 t·ha<sup>-1</sup> magterméssel számolhatunk. A bemutatott eredmények szerint főként a magtermésben dúsult a N, P, Mg, Zn, Cu, Mo, Se, Co, melyek a szemképződés fontos elemeinek tekinthetők. Ami a földfeletti biomasszába épült mennyiségeket illeti látható, hogy a melléktermés tárolta az elemek nagyobb tömegét. Leszántásával a felvett elemek jórészt visszajutnak a talajba. A repce tápelemigényes kultúra. A kivont N 206 kg, Ca 172 kg, K 142 kg, S 78 kg, P 39 kg (89 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), Mg 32 kg, Na 8-9 kg mennyiségnek adódott hektárra vetítve.

A repce átlagos elemtartalmának és elemfelvételének adatait az 5. táblázatban tanulmányozhatjuk. A szár + becő 8,8 t·ha<sup>-1</sup> mellékterméssel és 1,5 t·ha<sup>-1</sup> magterméssel számolhatunk. A bemutatott eredmények szerint főként a magtermésben dúsult a N, P, Mg, Zn, Cu, Mo, Se, Co, melyek a szemképződés fontos elemeinek tekinthetők. Ami a földfeletti biomasszába épült mennyiségeket illeti látható, hogy a melléktermés tárolta az elemek nagyobb tömegét. Leszántásával a felvett elemek jórészt visszajutnak a talajba. A repce tápelemigényes kultúra. A kivont N 206 kg, Ca 172 kg, K 142 kg, S 78 kg, P 39 kg (89 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), Mg 32 kg, Na 8-9 kg mennyiségnek adódott hektárra vetítve.

Az 1 t mag és a hozzátartozó melléktermés fajlagos igénye emelkedett volt kísérleti körülményeink között, részben a tág melléktermés/főtermés aránya miatt. 137 kg N, 115 kg Ca (161 kg CaO), 95 kg K (114 kg K<sub>2</sub>O), 52 kg S, 26 kg P (60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 21 kg Mg (35 kg MgO). Amennyiben csak a kombájnolt magterméssel távozó elemek mennyiségeit vesszük figyelembe táblaszinten, amikor a melléktermés tömege a talajt gazdagítja, az 1 t magtermésre vetített igény töredékére esik: 40 kg N, 5 kg Ca (7 kg CaO), 14 kg K (17 kg K<sub>2</sub>O), 10 kg S, 12 kg P (27 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 5 kg Mg (8 kg MgO). Adataink iránymutatóul szolgálhatnak a szaktanácsadás számára a repce elemszükségletének megállapításakor.



5. táblázat: A repce átlagos elemtartalma és elemfelvétele aratáskor, 2000

Elem jele	Mérték-egység	Elemtartalom		Mérték-egység	Elemfelvétel		
		Szár+becő	Mag		Szár+becő	Mag	Együtt
N	%	1,66	3,97	kg·ha <sup>-1</sup>	146	60	206
Ca	%	1,88	0,48	kg·ha <sup>-1</sup>	165	7	172
K	%	1,46	0,95	kg·ha <sup>-1</sup>	128	14	142
S	%	0,77	0,67	kg·ha <sup>-1</sup>	68	10	78
P	%	0,31	0,77	kg·ha <sup>-1</sup>	27	12	39
Mg	%	0,31	0,33	kg·ha <sup>-1</sup>	27	5	32
Na	mg·kg <sup>-1</sup>	960	24	g·ha <sup>-1</sup>	8448	36	8484
Fe	mg·kg <sup>-1</sup>	93	95	g·ha <sup>-1</sup>	818	142	960
Sr	mg·kg <sup>-1</sup>	70	12	g·ha <sup>-1</sup>	616	18	634
Mn	mg·kg <sup>-1</sup>	56	41	g·ha <sup>-1</sup>	493	62	555
Al	mg·kg <sup>-1</sup>	39	6	g·ha <sup>-1</sup>	343	9	352
B	mg·kg <sup>-1</sup>	36	17	g·ha <sup>-1</sup>	317	26	343
Zn	mg·kg <sup>-1</sup>	10	40	g·ha <sup>-1</sup>	88	60	148
Ba	mg·kg <sup>-1</sup>	7	1	g·ha <sup>-1</sup>	62	2	64
Cu	mg·kg <sup>-1</sup>	2,87	4,36	g·ha <sup>-1</sup>	25,3	6,5	32
Mo	mg·kg <sup>-1</sup>	1,54	2,25	g·ha <sup>-1</sup>	13,6	3,4	17
Ni	mg·kg <sup>-1</sup>	0,33	1,10	g·ha <sup>-1</sup>	2,9	1,7	5
Cd	mg·kg <sup>-1</sup>	0,30	0,07	g·ha <sup>-1</sup>	2,6	0,1	3
Cr	mg·kg <sup>-1</sup>	0,22	0,22	g·ha <sup>-1</sup>	1,9	0,3	2
As	mg·kg <sup>-1</sup>	0,16	0,14	g·ha <sup>-1</sup>	1,4	0,2	2
Se	mg·kg <sup>-1</sup>	0,08	1,10	g·ha <sup>-1</sup>	0,7	1,7	2
Co	mg·kg <sup>-1</sup>	0,06	0,11	g·ha <sup>-1</sup>	0,5	0,2	1

Megjegyzés: 8,8 t mellékterméssel és 1,5 t mag átlagterméssel számolva

Fajlagos: 137 kg N, 115 kg Ca (161 kg CaO), 21 kg Mg (35 kg MgO), 26 kg P (60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 95 kg K (114 kg K<sub>2</sub>O), 52 kg S

#### Összefoglalás

Mészlepedékes csernozjom vályogtalajon beállított szabadföldi kísérletben vizsgáltuk a NxCuxMo elemek közötti kölcsönhatásokat 2000-ben repcével. Termőhely talaja a szántott rétegben 3 % humuszt, 5 % körüli CaCO<sub>3</sub>-ot és 20 % körüli agyagot tartalmazott. Talajelemzések alapján a terület jó Ca, Mg, K, Mn, kielégítő Cu, valamint gyenge-közepes P és Zn ellátottságú volt. A talajvíz 13-15 m mélyen található, a terület aszályérzékeny. A kísérletet 4N x 3Cu = 12 kezelés x 3 ismétlés = 36 parcellával állítottuk be osztott parcellás (split-plot) elrendezéssel. A N 0, 100, 200, 300 kg·ha<sup>-1</sup>, a Cu 0, 50, 100 kg·ha<sup>-1</sup> adagokat jelentett Ca-ammóniumnitrát, illetve CuSO<sub>4</sub> formájában. A kísérlet 5. évében a 15 m hosszú parcellákat megfeleztük és 1 m-es úttal elválasztottuk. A kísérlet sávos split-plot elrendezésűvé vált 4Nx3Cux2Mo = 24 kezelés x 3 ismétlés = 72 parcellával. A 48 kg·ha<sup>-1</sup> Mo-t (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>·4H<sub>2</sub>O formában alkalmaztuk. Főbb eredmények

- A virágzás és az érés generatív fázisát aszály és depresszió jellemezte. A N-trágyázás nyomán a magtermés 2 t·ha<sup>-1</sup>-ről 0,8 t·ha<sup>-1</sup>-ra esett. A szár termése viszont

5 t·ha<sup>-1</sup>-ről 8 t·ha<sup>-1</sup> fölé emelkedett a kedvezőbb, vegetatív fázisban érvényesülő N-hatások nyomán. Ebből adódóan a harvest index 4,6-ról 13,0-ra tágult.

- Az elemtartalmak általában betöményedtek, dúsultak a növényi részekben. A N-kínálattal nőtt a Na, Fe, Mn, Zn, illetve mérséklődött a Ba koncentrációja a betakarításkori szalmában. Ugyanitt a Cu beépülését a N és a Cu adagolás egyaránt serkentette. Érvényesült a NxMo szinergizmus jelensége. A N és a Mo egyaránt dúsult a szárban mind a N, mind a Mo kezeléseknél. A magtermésben ez a NxMo kölcsönhatás szintén megnyilvánult.

- A magban dúsult a N, P, Mg, Zn, Cu, Mo, Se, Co aratáskor, meghaladva a szalmában mért koncentrációkat. A repce földfeletti biomasszájába a 10,4 t·ha<sup>-1</sup> légszáraz anyagba 206 kg N, 172 kg Ca, 142 kg K, 78 kg S, 39 kg P, 32 kg Mg épült be. Kombájn aratásnál, amennyiben a melléktermés tömege leszántásra kerül, a tábláról eltávozó elemek mennyisége a töredékére esik vissza.

- Az 1 magtermés képződéséhez kísérleti körülményeink között (melléktermés elemigénye nélkül) 40 kg N, 5 kg Ca (7 kg CaO), 14 kg K (17 kg K<sub>2</sub>O), 10 kg S, 12 kg P (27 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 5 kg Mg (8 kg MgO) mennyiséget igényelt a repce. Adataink iránymutatónak szolgálhatnak a szaktanácsadás számára az őszi repceelemszükségletének megállapításakor.

### 3.13. Mák 2001-ben

#### Bevezetés

Mák a legrégebben ismert és termesztett kultúrnövények közé tartozik. Keleten az ópium, nyugaton az élelmiszer és az olaj előállítása volt a termesztés fő célja. Az 1900-as évek első felében *Kabay János* találmánya révén kitágult a mák hasznosításának lehetősége. Az addig hulladékként kezelt száraz toktörmeléből üzemi eljárással olyan alkaloidokat sikerült kivonni, melyek előállítása korábban csak az ópiumból volt lehetséges. E találmány hasznosítására épült az Alkaloida Vegyészeti Gyár Tiszavasváriban, mely termékeivel Magyarországot nagyhatalommá tette a mák-alkaloidok gyógyszerpiacán (*Unk 1960, Mórász 1979, Földesi 1994*).

A tok tejnedve (ópium) 25-féle alkaloidában gazdag, melyek összes mennyisége a 20-25 %-ot is elérheti. A morfin 3-23 %, narkotin 2-10 %, papaverin 0,5-1,0 %, thebain 0,2-0,5 %, kodein 0,3-0,8 % között ingadozhat. A mag:tok:szár aránya 1:0,7-1:3-4 körüli, tehát 1 t maghoz még 4-5 t·ha<sup>-1</sup> melléktermés tartozhat. A kórót általában elégetik. Korán vethető, kezdetben nem hőigényes és már júliusban betakarítható. Gyengén fejlett karógyökérzete, valamint rövid 3-4 hónapos tenyészideje miatt rendkívül igényes a talaj felvehető víz- és tápelemkészletével szemben (*Láng 1976, Mórász 1979, Földesi 1994*).

*Grábner (1948)* szerint "A mák jó trágyaerőben levő gyommentes talajt igényel, ezért a trágyázott kapásnövények a legjobb előveteményei." Közvetlenül a mák alá átszámítva 40-60 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> és 10-20 kg/ha N műtrágyát is javasol. *Gericke (1948)* számos tenyészedény és szabadföldi műtrágyázási kísérletet végzett Közép- és Dél-Németországban a mák tápelemigényét vizsgálva. Megállapítása szerint a meleg, napfényes "száraz" évben nagyobb a mák termése a növény hő- és fényigénye miatt. Legjobban a P-trágyázás növelte a termést és az olaj %-át egyaránt. A maximális

olajtartalom a mag 2,3 %  $P_2O_5$  koncentrációjához kötődött. Az e feletti P-túlsúly a termést nem, de az olaj %-át már csökkentette.

A mák környezeti igényével kapcsolatban több szerző utal a növény kifejezett fény és hő (Hornok 1978, Bernáth és Tétényi 1981, Yadav et al. 1983), valamint nitrogén, foszfor, mész és bór igényére (Grábner 1948, Unk 1960, Láng 1976, Turkede et al. 1981). Az Alkaloida Gyár Máktermelési Rendszere 1977 óta sugárkezelt vetőmagot, speciális gépeket és műtrágyázásra vonatkozó javaslatot is ad a termelőknek  $120-150 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$ ,  $80-100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} P_2O_5$  és  $80-100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} K_2O$  ajánlással (Anonym 1977). Antal (1987) szerint legalább  $120-150 \text{ kg N}$ ,  $90-110 \text{ kg } P_2O_5$ ,  $80-100 \text{ kg } K_2O$  műtrágyaadag ajánlott hektáronként a közepesen ellátott talajon

Sajnos a mák trágyázásával foglalkozó irodalom szegényes, e tekintetben periférikus kultúrának számít. A növény tápláltsági állapotának ellenőrzésére szolgáló levéldiagnosztikai optimumokat nem ismerjük, a ny-európai szakirodalomból hiányzik a mák. Utalhatunk a Bergmann (1988) vagy a Martin-Prével et al. (1987) által összeállított és legismertebb kézikönyvekre. Mákot a fejlett ny-európai országokban gyakorlatilag alig termesztnek, illetve a kutatásnak nem célnövénye.

A máktermesztés hazai fellendítése a hármas hasznosítás miatt (élelem, olaj, alkaloida) indokolt lesz a jövőben. Rendelkezünk hazai fajtákkal, megoldódott a máktermesztés teljes gépesítése. Fejlődés gátja az alacsony termésátlag, amely az olajnyerést gazdaságtalanná teszi. Vajon a szakszerű műtrágyázással mennyiben növelhető a mák termése, javítható minősége? Melyek a növénydiagnosztikai optimumok, amelyek lehetővé tehetik a növény ásványi táplálásának irányítását és ellenőrzését a tenyészidő folyamán? Szabadföldi műtrágyázási tartamkísérletünkben ezekre a kérdésekre keressük a választ.

Továbbra is mérvadónak tekinthető ugyanis Mórász (1979) alábbi megállapítása, mely időszerűségéből mit sem vesztett: "A mák műtrágyázására vonatkozó kísérleti eredményeink, melyek a gyakorlatnak megbízható tájékoztatást adhatnának, nincsenek. Régebbi adataink még a műtrágyázás kezdeti idejéből, a szervestrágyát kiegészítő műtrágyázásról adnak ismertetést. Ezeket ma már a műtrágyázás általános és egyedüli használatakor nem lehet figyelembe venni."

#### Anyag és módszer

A Kék Duna fajtájú mák vetésére 2001. március 13-án került sor  $50 \text{ cm}$  sortávval,  $1-2 \text{ cm}$  mélyen és  $3,5 \text{ kg}$  sugárkezelt maggal. Parcellánként kézi kapálás és kb.  $5 \text{ cm}$ -re való egyelés április 24-én történt. Az állomány egyenletesen és egészségesen fejlődött, trágyahatásokat nem jelzett a tenyészidő folyamán. Betakarításkor július végén parcellánként  $20-20$  tőből álló mintakévet vettünk. Tokokat a bűtyök alatt kézzel levágtuk, megmértük a szár és a tok tömegét, valamint meghatároztuk a tokok parcellánkénti számát. Kézzel kifejtettük a magot, majd mértük a mag és az üres tok súlyát. A minták őrlése, analízisre való előkészítése a kísérleti telepen történt. Az agrotechnikai műveletekről és módszertani megfigyelésekről az 1. táblázat nyújt áttekintést.

**1. táblázat: Agrotechnikai műveletek és megfigyelések a mák kísérletben**

Műveletek megnevezése	Időpont	Egyéb megjegyzés
1. Őszi műtrágyázás (NPK)	2000.09.14.	Parcellánként kézzel
2. Egyirányú szántás	2000.09.14.	MTZ-80+Lajta eke
3. Szántás elmunkálása	2001.03.01.	MTZ-50+fogas
4. Tavaszi N-műtrágyázás	2001.03.12.	Parcellánként kézzel
5. Vetőágykészítés	2001.03.12.	MTZ-80+kombinátor
6. Vetés (Kék Duna fajta)	2001.03.13.	Parcellánként kézi puskával
7. Állomány sorol	2001.03.23.	Egységesen az egész kísérletben
8. Sorközkapálás, egyelés	2001.04.24.	Parcellánként kézzel
9. Törőzsás állapot	2001.05.03.	Egész kísérletben egységesen
10. Virágzás közepe	2001.06.22.	Egységesen az egész kísérletben
11. Mintakéve vétele	2001.07.30.	Parcellánként 20-20 tő
12. Betakarítás, tőszámlálás	2001.08.01.	Parcellánként 5 sor x 7 fm = 35 fm
13. Mintakévek feldolgozása	2001.08.20.	Parcellánként kézzel
14. Növényminták őrlése	2001.08.29.	Parcellánkénti átlagminták

Megjegyzés: Vetés 1-2 cm mélyre 50 cm sortávra kb. 3,5 kg sugárkezelt maggal

Csapadékellátottság. Az elővetemény repcét 2000. június 26-án takarítottuk be. A mák vetéséig eltelt közel 9 hónap alatt 265 mm eső hullott a fedetlen talajra. Márciusban 62, áprilisban 47, májusban 17, júniusban 47, júliusban 80 mm csapadékot kapott a terület, tehát a mák 4,5 hónapos tenyészideje alatt 253 mm-t. A talaj vízkészlete a vetést megelőzően többé-kevésbé feltöltődött, így a mák mérsékelt vízigényét kielégítette 2001-ben. Elvileg. Az aszályos május és a viszonylag csapadékszegény június azonban mérsékelt terméseket és ritka, alacsony állományt eredményezett.

**Kísérleti eredmények**

A N, Cu, Mo kezelések hatása az aratáskori termésre statisztikailag nem volt igazolható. A terméselemek azonban részben módosultak. A N-túlsúly nyomán a növények átlagos magassága és a hektáronkénti tőszám mérséklődött. A depressziót a Cu-trágyázás némileg ellensúlyozta, a tokok számát pedig növelte. Az átlagos szártermés  $1,50 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ , toktermés  $0,63 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ , magtermés  $0,94 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ , azaz az összes légszáraz földfeletti biomassa mindösszesen  $3,07 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  mennyiséget tett ki. Adatainkat a 2. táblázat szemlélteti.

2. táblázat: A N és Cu szintek hatása a mák magasságára és terméselemeire, 2001

Cu szint kg·ha <sup>-1</sup>	N szint, kg·ha <sup>-1</sup> ·év <sup>-1</sup>				SzD <sub>5%</sub>	Átlag
	0	100	200	300		
Növénymagasság, cm						
0	89	86	83	80	6	85
50	89	86	84	84		86
100	91	85	89	83		87
SzD <sub>5%</sub>			3			2
Átlag	90	86	85	82	4	86
Tő, 1000 db/ha						
0	259	271	251	232	36	253
50	278	261	254	254		262
100	294	267	272	244		270
SzD <sub>5%</sub>			28			14
Átlag	277	266	259	243	29	261
Tok, 1000 db/ha						
0	585	601	607	596	60	598
50	654	607	618	638		629
100	680	691	654	653		667
SzD <sub>5%</sub>			72			36
Átlag	640	625	626	629	30	631

Megjegyzés: szár 1,50; tok 0,63; mag 0,94; az összes légszáraz földfeletti biomasza 3,07 t·ha<sup>-1</sup> a kezelésektől függetlenül

A N és a Cu trágyák egyaránt növelték a mák szerveibe épült Cu mennyiségét. Leginkább a szárban dúsult a Cu a NxCu pozitív kölcsönhatások nyomán, a kontrollhoz viszonyítva megkétszereződött. A Cd koncentráció is emelkedett a N-kínálattal, melyet a Cu-kezelések részben ellensúlyoztak a magtermésben (3. táblázat).

A N akkumulációját a N és a Mo kezelések egyaránt serkentették a 4. táblázat adatai szerint. Ez a befolyás, a Mo N-felvételét növelő hatása már kevésbé kifejezett, mint a korábbi években. A Mo ugyanis molibdenát formában marad ebben a karbonátos talajban és anionként gyorsan a mélyebb rétegekbe mosódik. A mák gyengén fejlett karógyökérzete nem hatol mélyre, így a szennyezettebb altalaj Mo-készletét csak részben éri el a lucernával ellentétben (Kádár 2014).

3. táblázat: Az N és Cu szintek hatása a mák Cu és Cd tartalmára aratáskor

Cu szint kg·ha <sup>-1</sup>	N szintek, kg·ha <sup>-1</sup> ·év <sup>-1</sup>				SzD <sub>5%</sub>	Átlag
	0	100	200	300		
Szár, Cu mg·kg <sup>-1</sup>						
0	6	7	8	8		7
50	9	12	10	12	3	11
100	12	12	14	12		12
SzD <sub>5%</sub>			3			2
Átlag	9	10	11	11	2	10
Tok, Cu mg·kg <sup>-1</sup>						
0	12	12	12	12		12
50	14	15	14	16	3	15
100	15	16	16	17		16
SzD <sub>5%</sub>			2			1
Átlag	14	14	14	15	2	14
Mag, Cu mg·kg <sup>-1</sup>						
0	18	21	19	23		20
50	19	22	21	21	7	21
100	19	22	22	29		23
SzD <sub>5%</sub>			7			3
Átlag	19	22	21	24	4	21
Mag, Cd mg·kg <sup>-1</sup>						
0	0,36	0,42	0,44	0,53		0,44
50	0,37	0,40	0,42	0,45	0,10	0,41
100	0,31	0,40	0,36	0,44		0,38
SzD <sub>5%</sub>			0,06			0,03
Átlag	0,35	0,41	0,41	0,47	0,06	0,41
Tok, Cd mg·kg <sup>-1</sup>						
Átlag	0,12	0,15	0,13	0,16	0,05	0,14
Szár, Cd mg·kg <sup>-1</sup>						
Átlag	0,10	0,13	0,14	0,16	0,03	0,13

Ennek ellenére a Mo-trágyázott kezelésekben a szár és a tok, tehát a vegetatív növényi részek Mo-készlete egy nagyságrenddel megnőtt és a magban is 3-4-szeresére emelkedett. A betakarításkori mákszervek elemtartalmát vizsgálva megállapítható, hogy a magban főként a N, P, Mg, Zn, Cu, Ni, Se, Cd elemek dúsultak, melyek a magképzés fontos alkotói. A toktermés Ca, K, S, Sr, Na, B, Mo elemekben volt gazdag. A mák magja a gabonamagvakhoz viszonyítva kifejezetten felhalmozza a Ca-ot, mely gabonaszemben általában mikroelem mennyiségben, néhány száz mg·kg<sup>-1</sup> koncentrációban, illetve néhány század %-ban található (5. táblázat).

4. táblázat: N és Mo szintek hatása a mák szerveinek N-tartalmára 2001-ben, N%

Vizsgált szervek	N szintek, kg/ha				SzD <sub>5%</sub>	Átlag
	0	100	200	300		
Mo = 0 kg/ha						
Szár	1,42	1,62	1,70	1,83	0,20	1,64
Tok	1,75	2,07	1,85	2,15	0,31	1,95
Mag	3,55	3,81	4,05	4,11	0,37	3,88
Átlag	2,24	2,50	2,53	2,70	0,30	2,49
Mo = 48 kg/ha 1992-ben						
Szár	1,84	1,76	2,02	2,15	0,20	1,94
Tok	1,85	2,21	2,19	2,17	0,31	2,10
Mag	3,58	3,99	3,83	3,81	0,37	3,80
Átlag	2,42	2,65	2,68	2,71	0,30	2,61

5. táblázat: A mákszervek átlagos elemtartalma 2001-ben, aratáskor

Elem jele	Mértékegység	Elemtartalom		
		Szár	Tok	Mag
Ca	%	2,40	3,40	1,50
N	%	1,40	1,66	3,52
K	%	1,10	2,20	1,04
Mg	%	0,26	0,37	0,41
S	%	0,20	0,54	0,34
P	%	0,12	0,33	0,94
Al	mg·kg <sup>-1</sup>	800	25	1
Fe	mg·kg <sup>-1</sup>	637	60	89
Mn	mg·kg <sup>-1</sup>	157	80	104
Sr	mg·kg <sup>-1</sup>	107	108	32
Na	mg·kg <sup>-1</sup>	107	131	30
B	mg·kg <sup>-1</sup>	30	47	28
Ba	mg·kg <sup>-1</sup>	20	8	2
Zn	mg·kg <sup>-1</sup>	7	10	28
Cu	mg·kg <sup>-1</sup>	6	12	18
Mo	mg·kg <sup>-1</sup>	2,05	5,70	1,56
Ni	mg·kg <sup>-1</sup>	1,56	1,20	1,66
Cr	mg·kg <sup>-1</sup>	1,42	0,22	0,23
Co	mg·kg <sup>-1</sup>	1,12	0,50	0,33
Pb	mg·kg <sup>-1</sup>	0,52	<0,10	<0,10
Se	mg·kg <sup>-1</sup>	0,50	<0,10	1,10
Cd	mg·kg <sup>-1</sup>	0,13	0,14	0,41

Megjegyzés: N, Cu és Mo trágyázatlan talajon. A Mo-trágyázott kezelésben a szár kereken 24, tok 51, mag 4 mg·kg<sup>-1</sup> Mo-tartalommal rendelkezett

A mérsékelt termés miatt az átlagos elemfelvétel is korlátozott volt. A kereken 3,1 t·ha<sup>-1</sup> légszáraz földfeletti biomasszába összesen 72 kg Ca, 65 kg N, 40 kg K, 10-10 kg Mg és S, 13 kg P épült be. Az 1 t mag + a hozzátartozó melléktermés úgynevezett fajlagos elemtartalma 69 kg N, 14 kg P (32 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 43 kg K (52 kg K<sub>2</sub>O), 76 kg Ca (106 kg CaO), 11 kg Mg (18 kg MgO), 10 kg körüli S volt. Ez a N esetén mintegy 50, P esetén 100, Ca esetén 500, Mg esetén 600 %-kal haladja meg a hazai szaktanácsadásnak Antal (2005) által ajánlott fajlagos értékeket. E termőhelyen korábban is hasonlóan emelkedett fajlagos mutatókat mértünk (Kádár és Földesi 2001, Kádár et al. 2003). Bár a kis termés az ásványi elemeket betöményítheti, a meszes termőhely pedig a Ca és Mg elemek luxusfelvételéhez vezethet, szükségesnek tartjuk a hazai ajánlások felülvizsgálatát a kiugró eltérések miatt.

## Összefoglalás

Mészlepedékes csernozjom vályogtalajon beállított szabadföldi kísérletben vizsgáltuk a Nx<sub>3</sub>CuxMo elemek közötti kölcsönhatásokat 2001-ben mákkal. Termőhely talaja a szántott rétegben 3 % humuszt, 5 % körüli CaCO<sub>3</sub>-ot és 20 % körüli agyagot tartalmazott. Talajelemzések alapján a terület jó Ca, Mg, K, Mn, kielégítő Cu, valamint gyenge-közepes P és Zn ellátottságú volt. A talajvíz 13-15 m mélyen található, a terület aszályérzékeny. A kísérletet 4N x 3Cu = 12 kezelés x 3 ismétlés = 36 parcellával állítottuk be osztott parcellás (split-plot) elrendezéssel. A N 0, 100, 200, 300 kg·ha<sup>-1</sup>, a Cu 0, 50, 100 kg·ha<sup>-1</sup> adagokat jelentett Ca-ammóniumnitrát, illetve CuSO<sub>4</sub> formájában. A kísérlet 5. évében a 15 m hosszú parcellákat megfeleztük és 1 m-es úttal elválasztottuk. A kísérlet sávos split-plot elrendezésűvé vált 4Nx3Cux2Mo = 24 kezelés x 3 ismétlés = 72 parcellával. A 48 kg·ha<sup>-1</sup> Mo-t (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>·4H<sub>2</sub>O formában alkalmaztuk. Főbb eredmények:

- A májusi és a júniusi csapadékhiány miatt a mák alacsony és ritka maradt. Az átlagos szártermés 1,50 t·ha<sup>-1</sup>, toktermés 0,63 t·ha<sup>-1</sup>, magtermés 0,94 t·ha<sup>-1</sup>, az összeg légszáraz földfeletti biomassza mindössze 3,07 t·ha<sup>-1</sup> mennyiséget tett ki. Az alkalmazott N, Cu, Mo kezelések a termés tömegét igazolhatóan nem módosították, a trágyahatások elmaradtak.

- A növekvő N-kínálattal mérsékeltén csökkent a növénymagasság és a tőszám, valamint emelkedett a N, Cu, Mo, Cd koncentrációja az aratáskori mák szerveiben. A Cu-trágyázás a N-indukálta tőszám és az átlagos növénymagasság csökkenését részben ellensúlyozta és serkentette a Cu beépülését a szárba, tokba és a magba egyaránt. A mag Cd-akkumulációját gátolva a Cu a N-hatását mérsékelte. A Mo-trágyázás növelte a szár, tok, mag N-tartalmát, valamint megtízszerezte a szár és a tok Mo-tartalmát. A mag Mo-készletét is megháromszorozta.

- Az 1 t mag és a hozzátartozó melléktermés úgynevezett fajlagos elemtartalma kísérleti körülményeink között 69 kg N, 14 kg P (32 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 43 kg K (52 kg K<sub>2</sub>O), 76 kg Ca (106 kg CaO), 11 kg Mg (18 kg MgO) mennyiséget tett ki. Ez a mennyiség N-nél mintegy 50, P-nél 100, Ca-nál 500, Mg-nál 600 %-kal haladja meg a hazai szaktanácsadásban javasolt fajlagos elemtartalmakat. Bár kis termés az ásványi elemeket betöményítheti, az adott meszes termőhely pedig Ca és Mg luxusfelvételét eredményezheti, a kiugró eltérések miatt szükségesnek tartjuk a hazai ajánlások felülvizsgálatát.



### 3.14. Napraforgó 2002-ben

#### Bevezetés és irodalmi áttekintés

Napraforgó (*Helianthus annuus L.*) a legfontosabb hazai olajnövényünk, vetésterülete az utóbbi évtizedekben megközelítette a 400 ezer hektárt. A magyar lakosság jelentős mennyiségű napraforgó olajat, margarint és magot fogyaszt. USA-beli közlések szerint a napraforgó kasztban az átlagosnál nagyobb mennyiségű nehézfém, pl. Cd halmozódhat fel, a növény intenzív ásványi anyagcserével, illetve elemfelvétellel rendelkezik (Li et al. 1995). Mikroelem-terheléses szabadföldi kispácellás tartamkísérletünk 8. évében, 1998-ban ezért a köztermesztésben elterjedt "Viki" hibrid napraforgót teszteltük.

Az igénytelennek tartott napraforgót kezdetben egyáltalán nem trágyázták. A kukoricatáblák szegélynövénye volt, illetve a gyengébb talajokon természetűek főként Szabolcs-Szatmár megyében. Vetésterülete a háború előtt mindössze néhány ezer hektárt tett ki. Nagyüzemi tiszta vetése az alacsony törzsű egytányérú és korán érő fajták illetve hibridek, valamint a gépesítés elterjedésével vált kiterjedtté. Az utóbbi évtizedekben legfontosabb olajos növényünknek minősült, hiszen vetésterülete esetenként megközelítette a 400 ezer hektárt.

A napraforgó trágyázásával foglalkozó hazai szakirodalom viszonylag szegény. Cserhúti (1901) pl. mindössze egyetlen oldalt szán a növény tárgyalásának az "Általános és különleges növénytermesztés" c. könyvében. Szerinte "A napraforgó a legzsarolóbb növények közé tartozik, igen buja talajokat egyéb növények termelésére leghamarább alkalmassá tesszük, ha egypárszor napraforgót termelünk rajta. Termése 1 t magot és 5 t kórót érhet el. A kórót csak tüzelésre lehet használni."

A napraforgó mélyen és dúsan gyökerező kultúra, a talaj víz- és tápanyagkészletét kiválóan hasznosítja az általánosan elfogadott vélemény szerint (Láng 1976, Geisler 1988, Radics 1994). Homoktalajokon viszont rendkívül aszályérzékeny és trágyaigényessé válik. Így pl. a nyírségi savanyú, tápanyagokban szegény területeken termesztése gyakran bizonytalan és gazdaságtalan. A szabadföldi kísérletek igazolták, hogy a növény termése az említett területeken a 2-3 t·ha<sup>-1</sup> mennyiséget is elérheti kedvező csapadékeloszlású években és gazdaságossá tehető, amennyiben a talaj felvehető tápelemekészletét a kívánt optimumra emeljük és rendszeres meszezéssel biztosítjuk a 6 körüli pH(KCl) értéket (Balogh és Józsa 1986, Kádár és Vass 1986).

Hasonlóképpen intenzív műtrágyázásra kényszerülnek például az USA Minnesota államának homokos talajain. Simkins és Overdahl (1982) szerint a talaj megfelelő mész- és foszforállapotának biztosításán túlmenően 200-250 kg/ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O, valamint 120-150 kg·ha<sup>-1</sup> N adagolása a nagy termés elérésének feltétele.

Genetikailag gazdagabb talajokon, vályog vagy annál kötöttebb termőhelyeken ugyanakkor a napraforgó nem, vagy alig reagál a trágyázásra. Erről tanúskodnak az ország 9 táján, több éven át végzett Országos Műtrágyázási Kísérletek eredményei. Az 1980-as években nyert adatok szerint az együttes NP műtrágyázás 4-5 %-kal csökkentette a kaszatok olajtartalmát. Maximális olajhozamokat a kísérletek gyengén vagy közepesen ellátottnak minősülő parcelláin, az évenkénti 50 kg N és 50 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, valamint 100 kg·ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O adagolásával nyertünk. A kísérletek tanúsága szerint a MÉM NAK szaktanácsadásban ajánlott, illetve az akkori üzemi

gyakorlatban alkalmazott N és P adagok a felére voltak csökkenthetők (*Dvoracsek 1986, Harmati 1989, Kádár 1986, 1989, Lukácsné 1988, Szabó 1986*).

A hazai agronómiai, agrokémiai kutatás kiterjedt vizsgálatokat folytatott az elmúlt évtizedekben, hogy a napraforgó ásványi táplálását jobban megismerje és az eredményes növénytermesztés egyik alapfeltételét jelentő trágyázás gyakorlatát szakszerűbbé tegye. Előző munkánkban bemutattuk az N, P és K trágyázás hatását a meszes vályog csernozjom talaj könnyen oldható P és K tartalmára, valamint a napraforgó termésére, olaj %-ára, zsírsavösszetételére és a betegségekkel szembeni viselkedésére (*Kádár et al. 2001*). Ezúton a napraforgó elemforgalmát taglaljuk és ellenőrizni kívánjuk a szaktanácsadásunkban elfogadott irányelveket és irányszámokat is, kitérve a talaj- és növényvizsgálati adatok értelmezésére.

A napraforgó fajlagos, azaz 1 t kaszat + a hozzá tartozó kóró és tányér elemigényére vonatkozóan az irodalomban meglehetősen eltérő adatok találhatók. Ez részben abból adódik, hogy változott a mag/melléktermés aránya. *Cserhádi (1901)* szerint 0,7-1 t·ha<sup>-1</sup> maghoz 3,5-5 t·ha<sup>-1</sup> kóró tartozik. *Prjanyisnyikov (1965)* 1-1,5 t ha<sup>-1</sup> magot és 7-8 t·ha<sup>-1</sup> melléktermést említ. A napraforgó összes termése, szárazanyaghozama nem nőtt az elmúlt 100 év alatt, csak a "harvest index" javult. Az újabb hibridek kisebb testűek, alacsonyabbak, a hektáronkénti tőszámuk csaknem megkétszereződött és a 8 t·ha<sup>-1</sup> körüli össztermésben ma már 3 t·ha<sup>-1</sup> a kaszat.

*Prjanyisnyikov (1965)* aláhúzza a napraforgó kálium-igényét. E növényt a déli övezetekben termelik kiterjedten, ahol a talajok K-ban gazdagok. Az általa közölt adatokból számítva a fajlagos igény 50 kg N, 32 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 278 kg K<sub>2</sub>O és 103 kg CaO. A hazai szaktanácsadásban javasolt fajlagosok 41 kg N, 30 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 70 kg K<sub>2</sub>O, 24 kg CaO és 12 kg MgO *Antal (1987)* szerint. A szerző a tápanyagszámítás kapcsán még arra utal, hogy: "A hibrid napraforgók tápanyagának adagját 20-25 %-kal is növeljük." *Lásztity (1983)* által összefoglalt néhány forrás 40-50 kg N, 9-23 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, valamint 34-119 kg K<sub>2</sub>O fajlagos értékeket mutatott.

Az említett néhány szerény irodalmi utalás szerint tehát a N 40-50, a P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 9-32, a K<sub>2</sub>O 34-278 kg szélső fajlagos értékeket mutatott. A N közelálló, míg a foszfor 3-szoros, a kálium 8-szoros eltéréseket takart. A napraforgó elasztikus növény, összetétele, termésszerkezete tág határok között változhat a termesztés körülményei (fajta vagy hibrid, termőhely, éghajlat, trágyázás, termésszint) függvényében. Az ásványi összetételére vonatkozó ritkább adatközlés oka részben az, hogy a nagyüzemi termesztésben viszonylag újabb kultúrának számít történeti szemmel nézve. Vetésterülete a XX. század második felében nőtt meg igazán az alacsony törzsű fajták és hibridek bevezetésével és a gépesítéssel.

A kísérletezők szemszögéből mindmáig "kényelmetlen" növény maradt, hiszen már a keléskor nehéz megvédeni a kártevőktől (fácán, nyúl). Gondot okoz a parcellánkénti betakarítása, cséplése. Körülményes a kórót, tányért és az olajos kaszatokat analízisre előkészíteni, az olajos magvakat őrölni és roncsolni. Ami a növény tápláltsági állapotát illeti, *Bergmann (1988)* szerint a tányér alatti kifejlett levél optimális összetétele virágzás előtt szárazanyagra számítva az alábbi: 3,0-5,0 % N; 0,25-0,50 P %; 3,0-4,5 K %; 0,8-2,0 Ca %; 0,3-0,8 % Mg; 35-100 mg·kg<sup>-1</sup> B, 30-80 mg·kg<sup>-1</sup> Zn, 25-100 mg·kg<sup>-1</sup> Mn, 10-20 mg·kg<sup>-1</sup> Cu és 0,3-1,0 mg·kg<sup>-1</sup> Mo.

## Anyag és módszer

A IHNK hibrid napraforgó vetése 2002. április 17-én történt 70 x 20 cm sor x tőtávra, 5 db/fm csíraszámmal, 5 cm mélyen és 5 kg·ha<sup>-1</sup> vetőmagnormával. Május közepén gazoló kapálással egybekötve állítottuk be a 20 cm tőtávolságot, egyelést elvégezve. Betakarítás előtt az állományt bonitáltuk fejlettségre, parcellánként megállapítottuk a tényleges tőszámot 7 x 4 belső sorokon, azaz a 19,6 m<sup>2</sup> nettó parcellák területén. Majd mintakévévettünk 20-20 növény kivágásával szintén parcellánként a szár, tányér, mag tömegarányának és elemtartalmának vizsgálatára. Mértük a növényminták friss és légszáraz tömegét 40-50 °C-on történt szárítás után. Majd a mintákat parcellánként finomra őröltük. A minták előkészítése laboratóriumi elemzése a kísérleti telepen történt. A kísérletben végzett agrotechnikai műveletekről és megfigyelésekről az 1. táblázat tájékoztat.

Az elővetemény mák 2001. július 30-án lekerült a területről és ezt követően a fedetlen talaj még a napraforgó vetéséig eltelt 8,5 hónap alatt 367 mm csapadékot kapott. A napraforgó tenyészideje alatt lehullott eső áprilisban 41, májusban 55, júniusban 32, júliusban 64, augusztusban 84, szeptemberben 65, azaz a 140 nap alatt 341 mm-t tett ki. Elmondható tehát, hogy a talaj vízkészlete a napraforgó vetését megelőzően feltöltődhetett és a tenyészidő alatt is többé-kevésbé megfelelő mennyiségű csapadék hullott.

1. táblázat: Agrotechnikai műveletek és megfigyelések a napraforgó kísérletben

Műveletek megnevezése	Időpont	Egyéb megjegyzés
1. Őszi műtrágyázás (NPK)	2001.10.13.	Parcellánként kézzel
2. Egyirányú szántás	2001.10.13.	MTZ-50+Lajta eke
3. Szántás elmunkálása	2002.03.11.	MTZ-50+fogas
4. Tavaszi N-műtrágyázás	2002.04.02.	Parcellánként kézzel
5. Vetőágykészítés	2002.04.02.	MTZ-80+kombinátor
6. Vetés (IHNK hibrid)	2002.04.17.	MTZ-50+SPC-6 vetőgép
7. Egyelés, gazolás	2002.05.16.	Parcellánként kézi kapálás
8. Bonitálás állományra	2002.09.09.	Parcellánként 1-5 skálán
9. Tőszámlálás	2002.09.09.	Parcellánként 7 x 4 sor = 19,6 m <sup>2</sup>
10. Mintakévvétel	2002.09.09.	Parcellánként 20-20 tő kivágása
11. Betakarítás (kombájnlás)	2002.09.10.	Parcellánként 7 x 4 sor = 19,6 m <sup>2</sup>
12. Mintakévek feldolgozása	2003.01.29.	Parcellánkénti átlagminták
13. Minták őrlése analízisre	2003.02.14.	Parcellánkénti átlagminták

Megjegyzés: Vetés 70 x 20cm sor x tőtávra 5 db/fm csíraszámmal 5 cm mélyre 5 kg·ha<sup>-1</sup> vetőmagnormával

Betakarítás: Tányérok levágása parcellánként kézzel és kombájnlása (cséplése kombájnnal)

## Kísérleti eredmények

A napraforgó kiterjedt erőteljes gyökérrendszerével képes volt a szerkezetes, humuszos csernozjom talaj víz- és tápelemkészletét tenyészideje során hasznosítani és kielégítő termést adni. A trágyahatások a kísérletben elmaradtak. Az átlagtermés 4,15 t·ha<sup>-1</sup> szár; 2,62 t·ha<sup>-1</sup> tányér és 3,55 t·ha<sup>-1</sup> kaszat, azaz 10,5 t·ha<sup>-1</sup> légszáraz

földfeletti biomasszát jelentett a kezelésektől függetlenül. A melléktermés 6,77 tha<sup>-1</sup> volt, a melléktermés/főtermés aránya 1,9 körül alakult ebben a kedvező évben, az adott hibridnél. Mindez mutatja a genetikai haladást, amennyiben a múlt század elején az úgynevezett harvest index mutatója, a melléktermés/főtermés aránya 5-6-szoros volt.

A napraforgó aratáskori átlagos elemtartalma és elemfelvétele a 2. táblázatban tanulmányozható. Megállapítható, hogy a K, S, Cu, Mo elemekben a tányér, míg N, P, Cu elemekben a szár leggazdagabb. Szintén a magtermés halmozta fel a N, P, Cu elemek maximumát, a szár viszont a K, Ca, Mg, Sr, Mo elemeket. A tányér elemfelvétele átmenetet képez a vegetatív szár és a generatív kaszat között. A 10,5 tha<sup>-1</sup> földfeletti biomasszába összesen 312 kg elemi K, 215 kg N, 145 kg Ca, 48 kg Mg, 44 kg P, 30 kg S, 450 g Sr, 152 g Cu, 47 g Mo épült be. Szennyetlen kontroll talajon a felvett Mo mennyisége viszont csupán 4-5 g hektáronként.

Az 1 t kaszat + a hozzátartozó melléktermés szár és tányér úgynevezett fajlagos elemtartalma kísérleti körülményeink között 61 kg N, 12 kg P (28 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 88 kg (105 kg K<sub>2</sub>O), 41 kg Ca (57 kg CaO), 14 kg Mg (23 kg MgO) és 8 kg S mennyiségnek adódott. A szakirodalomban közölt fajlagos értékek meglehetősen eltérnek. Ez részben abból adódik, hogy változott melléktermés/főtermés aránya. *Prjanyisnyikov (1965)* pl. 1-1,5 t·ha<sup>-1</sup> kaszat és 7-8 tha<sup>-1</sup> melléktermést említ átlagosan. Az újabb hibridek alacsonyabbak, kistestűek. A hektáronkénti tőszám 30-40 ezerről 60-80 ezerre nőtt. A 8-10 t·ha<sup>-1</sup> biomasszában a kaszat 4-5 t·ha<sup>-1</sup> lehet.

2. táblázat: A napraforgó átlagos elemtartalma és elemfelvétele 2002-ben

Elem jele	Mértékegység	Elemtartalom			Mértékegység	Elemfelvétel			
		Szár	Tányér	Kaszat		Szár	Tányér	Kaszat	Együtt
K	%	3,54	5,20	0,82	kg·ha <sup>-1</sup>	147	136	29	312
Ca	%	2,18	1,82	0,20	kg·ha <sup>-1</sup>	90	48	7	145
N	%	1,17	1,70	3,40	kg·ha <sup>-1</sup>	49	45	121	215
Mg	%	0,70	0,34	0,28	kg·ha <sup>-1</sup>	29	9	10	48
P	%	0,24	0,44	0,62	kg·ha <sup>-1</sup>	10	12	22	44
S	%	0,24	0,38	0,28	kg·ha <sup>-1</sup>	10	10	10	30
Sr	mg·kg <sup>-1</sup>	71	54	4	g·ha <sup>-1</sup>	295	141	14	450
Cu	mg·kg <sup>-1</sup>	12	17	16	g·ha <sup>-1</sup>	50	45	57	152
Mo	mg·kg <sup>-1</sup>	5,6	7,0	1,6	g·ha <sup>-1</sup>	23	18	6	47

Megjegyzés: Mo-kontroll talajon a Mo-felvétel 4-5 g·ha<sup>-1</sup> között ingadozott

*Prjanyisnyikov (1965)* a napraforgó K-igényességét emeli ki. E növényt a déli övezetben termelik kiterjedten, ahol a talajok K-ban gazdagok, kötöttebbek. Az általa közölt adatokból számítva a fajlagos igény 50 kg N, 32 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 278 kg K<sub>2</sub>O, 103 kg CaO. *Antal (1987, 2005)* a hazai szaktanácsadásnak a 41 kg N, 30 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 70 kg K<sub>2</sub>O, 24 kg CaO, 12 kg MgO fajlagosokat javasolja figyelembe venni a tervezett napraforgótermés elemigényének számításakor.

Ugyanezen a mezőföldi mészlepedékes csernozjom vályogtalajon 1982-ben végzett szabadföldi NPK műtrágyázási kísérletünkben 3,1 t szár; 1,7 t tányér és 3,1 t·ha<sup>-1</sup> átlagos kaszattermésnél a fajlagos elemtartalom 42 kg N, 19 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 82 kg K<sub>2</sub>O, 30 kg CaO, 18 kg MgO mennyiséget mutatott. Aláhúztuk, hogy kombájnnal történő

betakarításnál amikor a melléktermést leszántjuk, a K, Ca, Mg elemek döntő hányada el sem kerül a tábláról. Kötöttebb, meszes talajainkon a trágyázás az említett elemekkel szüneteltethető, illetve forgóban elhagyható. A 3. táblázat adatai szerint a kombájnolt kaszatban a kivont K 9 %-a, Ca alig 5 %-a, Mg 21 %-a található. A K, Ca, Mg tekintetében „talajzsaroló” napraforgó „talajkímélő” kultúrává válik, amennyiben csak a kaszattermést takarítjuk be (Kádár 2001).

A növekvő N-kínálattal emelkedett általában a növényi részek N és NO<sub>3</sub>-N tartalma. A NO<sub>3</sub>-N tartaléktápanyagot képez a növényben és főként a vegetatív szervben, a szárban halmozódik fel. Az aratáskori tányérban és kaszatban a NO<sub>3</sub>-N már felhasználódik, beépül a fehérjékbe, nagyságrenddel lecsökken és a N-kezelések hatása már nem is igazolható a 3. táblázatban bemutatott eredmények szerint. Megemlítjük, hogy a Mo-trágyázással a szár átlagos N-tartalma a Mo-kontrollon mért 1,12 %-ról 1,22 %-ra (SzD<sub>5%</sub> 0,09), a NO<sub>3</sub>-N készlete ugyanott 2,52 mg·kg<sup>-1</sup>-ről 3,23 mg·kg<sup>-1</sup>-ra (SzD<sub>5%</sub> 0,54) nőtt. Ismeretes, hogy a Mo-trágyázás a talajbani N-kötő mikroszervezetek aktivitását serkenti, mint specifikus katalizátor. Ezzel javulhat a talaj N-kínálata, mely tükröződhet a növény emelkedett N és főként NO<sub>3</sub>-N tartalmában (Szalai 1974).

A 15 évvel ezelőtt CuSO<sub>4</sub> formájában leszántott Cu-trágya hatása egyértelműen megjelenik a napraforgó szervek Cu-tartalmában. Leginkább látványosan a szárban jelentkezik a dúsulás, ezt követi a tányér, majd a kaszat. A szár funkciója mint az elemek tárolója és „süllyesztője” a Cu tekintetében is nyomon követhető. A Mo-kezelés nyomán a napraforgó vegetatív részeinek Mo-tartalma egy nagyságrenddel ugrik meg. A kaszatban is 4-5-szörös a dúsulás a 4. táblázat eredményei szerint. Hasonló karbonátos talajban a Mo molibdenát anion formájában megőrzi mobilitását. Részben idővel kimosódhat a mélyebb talajrétegekbe (Morvai, Kádár és Németh 1999), részben tömegárammal feldúsulhat a növényi részekben hiperakkumulációt okozva. A növényi szervekben akár 2-3 nagyságrendbeli dúsulással (Kádár 1995, 2003).

3. táblázat: N trágyázás hatása az aratáskori napraforgó szerveinek N és NO<sub>3</sub>-N tartalmára

N-szint kg/ha/év	N %			NO <sub>3</sub> -N mg/kg		
	Szár	Tányér	Kaszat	Szár	Tányér	Kaszat
0	0,97	1,62	3,20	1,14	0,44	0,24
100	1,13	1,75	3,30	2,35	0,45	0,27
200	1,26	1,69	3,44	3,78	0,43	0,26
300	1,33	1,74	3,66	4,25	0,45	0,27
SzD <sub>5%</sub>	0,14	0,23	0,30	1,50	0,05	0,12
Átlag	1,17	1,70	3,40	2,88	0,44	0,26

Megjegyzés: A szár átlagos N-tartalma 1,12 %-ról 1,22 %-ra (SzD<sub>5%</sub> 0,09), a NO<sub>3</sub>-N készlete 2,52-ről 3,23 mg·kg<sup>-1</sup>-ra nőtt a Mo-trágyázás nyomán

4. táblázat: Cu és Mo trágyázás hatása a napraforgó Cu és Mo tartalmára, 2000

Cu kg/ha	Cu, mg/kg			Mo kg/ha	Mo, mg/kg		
	Szár	Tányér	Kaszat		Szár	Tányér	Kaszat
0	8,4	12,5	14,2	0	0,9	1,1	0,6
50	13,4	18,6	17,4	48	10,3	12,9	2,7
100	15,6	19,4	18,0				
SzD <sub>5%</sub>	3,4	1,3	2,0	SzD <sub>5%</sub>	2,8	1,1	0,8
Átlag	12,5	16,8	16,5	Átlag	5,6	7,0	1,6

#### Összefoglalás

Mészlepedékes csernozjom vályogtalajon beállított szabadföldi kísérletben vizsgáltuk a  $NxCu_xMo$  elemek közötti kölcsönhatásokat 2002-ben napraforgóval. Termőhely talaja a szántott rétegben 3 % humuszt, 5 % körüli  $CaCO_3$ -ot és 20 % körüli agyagot tartalmazott. Talajelemzések alapján a terület jó Ca, Mg, K, Mn, kielégítő Cu, valamint gyenge-közepes P és Zn ellátottságú volt. A talajvíz 13-15 m mélyen található, a terület aszályérzékeny. A kísérletet  $4N \times 3Cu = 12$  kezelés  $\times 3$  ismétlés = 36 parcellával állítottuk be osztott parcellás (split-plot) elrendezéssel. A N 0, 100, 200, 300  $kg\cdot ha^{-1}$ , a Cu 0, 50, 100  $kg\cdot ha^{-1}$  adagokat jelentett Ca-ammóniumnitrát, illetve  $CuSO_4$  formájában. A kísérlet 5. évében a 15 m hosszú parcellákat megfeleztük és 1 m-es úttal elválasztottuk. A kísérlet sávos split-plot elrendezésűvé vált  $4Nx3Cu \times 2Mo = 24$  kezelés  $\times 3$  ismétlés = 72 parcellával. A 48  $kg\cdot ha^{-1}$  Mo-t  $(NH_4)_6Mo_7O_{24}\cdot 4H_2O$  formában alkalmaztuk. Főbb eredmények:

1. Ezen a humuszos csernozjom vályog talajon, a kedvező 2002. évben a napraforgó (IHNK hibrid) trágyázás nélkül is kielégítette víz- és tápelemigényét. A N, Cu, Mo kezelések hatástalanok maradtak. Az átlagtermés 4,15 t szár; 2,62 t tányér és 3,55 t kaszatot tett ki hektáronként.
2. A 10,5 t földfeletti biomasszába 312 kg K, 215 kg N, 145 kg Ca, 48 kg Mg, 44 kg P, 30 kg S épült be. Az 1 kaszat + a hozzátartozó szár és tányér melléktermés úgynevezett fajlagos elemtartalma kísérleti körülményeink között 61 kg N, 12 kg P (28 kg  $P_2O_5$ ), 88 kg K (105 kg  $K_2O$ ), 41 kg Ca (57 kg  $CaO$ ), 14 kg Mg (23 kg  $MgO$ ), 8 kg S mennyiségnek felelt meg.
3. Kombájn aratásnál, amikor a melléktermést leszántjuk, a magterméssel a felvett Mg 21, K 9, Ca alig 5 %-a kerül el a tábláról. E tekintetben a „talajzsaroló” napraforgó „talajkímélő” kultúrává válik. Ebből adódóan kötöttebb meszes termőhelyeken a K, Ca, Mg pótlása elhagyható, illetve a forgóban tartósan szüneteltethető.
4. A növekvő N-kínálattal nőtt a növényi részek N és  $NO_3-N$  tartalma, főként a vegetatív szervekben. A N és  $NO_3-N$  felhalmozódását a növényben a Mo-trágyázás is igazolhatóan serkentette. A Mo-nel kezelt talajon a Mo-készlet egy nagyságrenddel dúsult a szárban és a tányérban, valamint 4-5-szörösére ugrott a kaszatban. A Cu-trágyázás hatása egyaránt tükröződött a szár, tányér és a kaszat emelkedett Cu-készletében.
5. E talajon végzett korábbi vizsgálataink szerint a Mo molibdenát anion formájában megőrzi mobilitását a talajban. Idővel a feltalajból kimosódhat, illetve a tömegárammal a növénybe kerülve hiperakkumulációt mutat 2-3 nagyságrenddel is nagyobb koncentrációval.

---

### III. A kálium, a bór és a stroncium közötti kölcsönhatások vizsgálata

---

#### 1. Általános bevezetés és irodalmi áttekintés

A B(III) állandó vegyértékű nemfémes elem. A talajban nagyobb része általában kötött az agyagásványokhoz és szerves anyagokhoz, ezért az összes B-tartalom nem sokat mond. Döntő a vízoldható frakció, mely 0,1-1,0 mg/kg között, míg az összes B 2-200 mg/kg között változhat a talajokban (Gupta 1979, Szabó et al. 1987). A kolloid-gazdag talajban nagyobb B-tartalom szükséges a megfelelő B-kínálathoz. Az illit több B-t adszorbeál, mint a montmorillonit vagy a kaolinit. A B-hiányos talajokban a B nagy része nem felvehető formában van. A B-ban gazdag talajokban viszont a vízoldható forma is jelentős.

A talaj kiszáradásakor nőhet a nem felvehető B-formák mennyisége, a B-adszorpció. A növények B-hiánya erősödhet szárazság idején azért is, mert csökken a tömegárammal és diffúzióval növénybe jutó B mennyisége, mérséklődik a transpiráció, illetve megnőnek a diffúziós utak. Emellett a B ilyenkor a  $\text{CaCO}_3$ -tal együtt kicsapódik az agyagásványok felületén, oldhatósága visszaesik. A bórt borát ionként egyébként passzívan felveszi a növény és a xilémbe a vízárammal a földfeletti szervekbe szállítódik a  $\text{Ca}^{++}$ -hoz hasonlóan. Mivel a B nem reutilizál, az idősebb szervekből nem vándorol el, az átmeneti hiányt a fiatal levelek, illetve tenyészőcsúcsok jelezhetik. Előfordulhat, hogy egy vegetációs idő alatt B-túlsúly és B-hiány egy növényen egyaránt azonosítható.

A B növényen belüli transzportja, illetve felvétele erősen fajspecifikus. Ugyanazon a talajon fejlődött kalászosok 2-3, kukorica 5, burgonya 14, dohány és lucerna 25, szója 34, mustár 53, répafélék 76, mák 95 mg/kg B-tartalommal rendelkeztek (Bergmann 1979). B-igényesnek minősülnek általában az olajnövények, mint a repce, napraforgó, mák; a pillangósok (lucerna, csillagfürt), kapások (burgonya, dohány, répafélék). A kétszikűek B-készlete nagyobb, mint az egyszikűeké és kiugró a tejnedvképző máké. A B-igényes növényeknek nagyobb a B-tűrése a B-mérgezéssel szemben. A hiányzóna és a túlsúly között gyakran szűk az intervallum. A B-tűrés jobb a meszes talajokon, illetve ott, ahol a növények kielégítően ellátottak egyéb tápelemekkel.

Ismert, hogy a savanyú talajok túlmeszezésekor felléphet a B-hiány. Ez részben a Ca és a B közötti antagonizmusra is visszavezethető a növényben. A Ca-gazdag növényi szövetek B elemben elszegényednek. Hasonló a helyzet a K túlsúlya esetén (Reeve és Shive 1943, 1944). Beckenbach (1944) azt találta, hogy a N-hiányos növények kevesebb B-t igényelnek, míg a P-hiányosok többet. A K-túlsúly szintén B-hiányt indukálhat. Tölgyesi és Kozma (1974) viszont a füveknél pozitív kapcsolatot talált statisztikai alapon a K és Mg, valamint a B koncentrációk között. Irodalmi utalások szerint a B anionként általában javíthatja a fémek, kationok növényi felvételét.

A B a P-hoz hasonlóan cukrokkal szerves komplexeket, észtereket képezhet elősegítve a szénhidrátok növényen belüli szállítását. A K-hoz hasonlóan szabályozza a vízháztartást: vízbőség esetén a transpirációt emeli, vízhiány esetén a transpirációt csökkenti. A B közel 50 %-a a sejtfalakban található a Ca-hoz hasonlóan. A B-hiány

anyagcsere (fehérje és szénhidrát szintézis) és a vízháztartás, illetve az ionfelvétel zavaraihoz vezethet. Hiányában romlik a minőség (szőlő, gyümölcs, répa, burgonya) lecsökken a cukor és keményítő tartalma a növényi szövetekben, illetve felhalmozódik az oldható szénhidrát-frakció. Ezzel együtt csökken a betegségrezisztencia. Pl. a napraforgó lisztharmat vagy rozsda fertőzése B-hiánytünet jele lehet.

A B-hiány főként a kilúgzott savanyú homokon lép fel, az oldható B a vízzel kimosódik. Dúsul viszont biológiailag a humuszos feltalajban, valamint az arid vidékek, szikesek, rétlápok talajaiban, ahol sófelhalmozódás áll fenn. A tőzegek is gazdagok B és Mo elemekben, kötődve a szerves anyaghoz. Takarmányozásban B-hiány az abraktakarmányok, többlet pedig a szikeseken termett lucerna, napraforgószár és a leveles répafej etetésekor várható. A B a gyomorban gyorsan felszívódik és a vizelettel, a Na-mal együtt ürül az emberből és az állatból. A B túlsúlya bélgyulladás, tüdőgyulladást, végtagbénulást okozhat az állatban és az emberben. Egyébként állatra és emberre esszencialitása egyértelműen nem bizonyított, alapvetően mérgező elemként tartják számon. Ebből adódnak a B-szennyezés, B-trágyázás környezeti/életteni veszélyei (Szabó *et al.* 1987, Tölgyesi 1989).

A B geokémiai mozgását, kilúgzását jelzi, hogy a szennyezetlen területen hulló csapadéokban 0,02 mg/l, folyóvizekben 0,05 mg/l, óceánokban 4,75 mg/l, míg a lefolyástalan sóstavakban (UTAH, USA) 1000-2000 mg/l koncentrációt érhet el Tölgyesi (1989) szerint. A fossziliákban dúsul és égetéskor a levegőbe kerül. A szenek akár 50-80 mg/kg, a szenek hamuja 600-800 mg/kg mennyiséget tartalmazhat. Saját méréseink szerint a mezőföldi kísérleti telepünkön 3 év átlagában 12 g/ha/év, Duna-Tisza közti Órbottyán kísérleti telepünkön szintén 12 g/ha/év légköri csapadékkal talajba jutó B-terhelést mértünk, mely többszörösen meghaladhatja az ott termesztett kalászos növények B-felvételét (Kádár *et al.* 2009).

A B-hiány igen elterjedt a Földön. A szőlészetben a legfontosabb nem paraziták okozta „betegség”-nek tekintik. Lucernában pl. a „virágelrűgás”, cukorrépánál a „szívrothadás”, gabonákban a „steril kalász” jelensége B-hiányt tükröz. A 41 országra kiterjedő FAO vizsgálat, mely Európa, Távol és Közel kelet, Afrika, Óceánia és Latin Amerika térségét is érintette, igazolta, hogy a B-hiány a leggyakoribb mikroelem hiány a Földön. A B túlsúlya Törökország, Irak, Pakisztán és Mexikó vidékein volt megfigyelhető nagyobb területen, általában emelkedett Mo-tartalommal együtt. A talajok forróvizes B-tartalmát a CEC alapján kalibrálták határkoncentrációkat kialakítva, mert a kötöttebb, kolloidban gazdag termőhelyeken azonos B-tartalomnál a növényi B-felvétel lecsökkent (Sillanpää 1982).

Hazánk a középmezőnyben helyezkedett el a nemzetközi B-ellátottsági átlagot tekintve. A termőhelyeink 87 %-a ebbe a kategóriába esett. A 0-20 cm feltalaj forró vízdoldható B-tartalma 0,1-3,1 mg/kg (átlagosan 1 mg/kg), a 4-6 leveles kukorica és a bokrosodáskori búza hajtása (n = 250) pedig 5-6 mg/kg (2-13 mg/kg közötti) B-tartalmat mutatott. Összehasonlításképpen, Irakban a hasonló korú búza hajtása kereken és átlagosan 13 mg/kg, míg a kukorica 38 mg/kg B-tartalommal rendelkezett. Hazánkban az emelkedett B-tartalmak mind a talajban, mind a növényekben az alföldi kötöttebb szikes, sós csernozjom jellegű termőhelyeken fordultak elő (Kádár 1995).



Ami a talajok B-terhelését/szennyezését illeti megemlíthető, hogy *Kabata-Pendias és Pendias (1984)* szerint a földkéregben átlagosan 3 mg/kg a B-tartalom, szennyvíziszapokban 15-1000, P-műtrágyákban 5-115, meszező anyagokban 10 mg/kg fordulhat elő. Mint ismeretes a szennyvizekben mezőgazdasági kihelyezésnél 0,7 mg/l, talajban 100 mg/kg a megengedett koncentráció. Saját vizsgálataink szerint a hazai N és P műtrágyákban a B nem haladta meg a 3 mg/kg, kálisóban a 16 mg/kg, míg az É-Afrikából származó nyersfoszfátokban a 18-52 mg/kg B koncentrációt (*Kádár 1995*). Kétségtelen azonban, hogy egyes műtrágyák emelkedett B-szennyezettsége az arra érzékeny növényekre káros lehet, esetleg bizonyos talajokon a talaj termékenységét veszélyeztetheti, amire egyes vizsgálatok már a múlt század 20-as éveiben felhívták a figyelmet (*Blair és Brown 1921, Warington 1923, Sommer 1927, Sommer és Lipman 1926*).

B-hiányos talajokon a talajtulajdonságok függvényében és a termesztett növényfajok B-igényét figyelembe véve 0,3-2,3 kg/ha B-adag ajánlott. A 11,3 % B-tartalmú  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \times 10\text{H}_2\text{O}$  bóraxból tehát 3-20 kg/ha. A B-trágya hasznosulása talajtól és növényfajtól függően 2-20 %-ra tehető. Meszes talajban Ca-borát formában megkötődhet, immobilizálódhat. Ezért ritkább a toxicitás túltrágyázás után. Egyszikűek B-igénye kisebb, általában 50 g/ha alatti a felvétel, míg a kétszikűeknél a felvétel nagyobb termés esetén az 500 g/ha mennyiséget is meghaladhatja. A B-igényes kétszikű alá adott B-trágya utóhatása toxikus lehet a következő egyszikű növényre, főként savanyú talajon. A vízdoldható bóraxot (Na-tetraborát) a jobb eloszlás miatt makro műtrágyába (B-szuperfoszfát) keverik, vagy permetezik. A B-igényes cukorrépát hatékonyan trágyázták Chile salétrommal, mely 0,1 % körüli B-t is tartalmazott (*Finck 1979, Pais 1980, Tölgyesi 1990, Vágó 1994*).

A nemzetközi irodalomban elfogadott, hogy a B-mérgezéssel szemben érzékenyek a pázsitfűvek, bab, szója, len. Közepesen toleráns az árpa, dohány, kukorica, cirok, borsó, búza. Toleráns a lucerna, répafélék, napraforgó, mák, repce mint olajnövények. A *Berger és Truog (1944)* szerinti forróvízdoldható B-teszt alapján az érzékeny növénycsoport 1 mg/kg alatti, a közepesen toleráns 1-5 mg/kg közötti, míg a toleráns 5-10 mg/kg közötti talajbani B-tartalomnál jelezhet depressziót (*Bergmann 1992, Eaton 1944, Keren és Bingham 1985*).

A továbbiakban rátérünk a KxB közötti kölcsönhatásokat vizsgáló szabadföldi tartamkísérletünk bemutatására. A kísérlet 1988-2004. között folyt, 17 éven át mészlepedékes csernozjom talajon, az MTA TAKI Nagyhörsők Kísérleti Telepén. A növényváltás napraforgó, kukorica, tavaszi repce, lucerna (4 éven át), szemescirok, búza, bab, mák, őszi árpa, tritikále és koronafűrt (4 éven át) növényfajokat foglalta magában. A növények termésének meghatározásán túl rendszeresen mértük a növényi szervek és a kísérleti parcellák talajainak elemösszetételét is.

Megemlítjük, hogy az általunk alkalmazott K és B trágyaadagok (terhelési szintek) sokszorosan meghaladják a gyakorlatban felhasználható mennyiségeket abból a célból, hogy a KxB kölcsönhatások feltárhatók, illetve a toxicitási határkoncentrációk teljeskörűen becsülhetők legyenek.

A talajok B-terhelését, illetve a napraforgó B-tűrését korábban tenyészedény kísérletekben tanulmányoztuk egy mészlepedékes csernozjom vályog és egy meszes homoktalajon. Megállapítottuk, hogy a lineárisan növekvő B-adagok hatására közel exponenciálisan nőtt a növények B-tartalma a hajtásban, különösen a homoktalajon. A 100-150 mg/kg feletti növénybeni B-tartalom mérgezést jelezhet és

terméscsökkenéshez vezetett mindkét talajon. A növekvő K-kínálat bizonyos fokig ellensúlyozta a bórax-szal végzett túltrágyázás kedvezőtlen hatását. Kolloidszegény homokon a hajtás tömege már 20 mg/kg, míg a vályog csernozjomon 60 mg/kg B-terhelésnél csökkent drasztikusan, 40-50 %-kal a kontrollhoz viszonyítva (*Shalaby és Kádár 1984, Kádár és Shalaby 1985*).

A tenyészedényben mészlepedékes csernozjom vályogtalajjal (Nagyhörcsök, Mezőföld) beállított kísérletben a szántott rétegre számítva 0, 60, 120, 180 kg/ha B-adaggal, illetve 0, 1200, 2400, 3600 kg/ha K-szintekkel dolgoztunk. Az edények talajából nincs kilúgzás, hígulás. A fejlődő növények gyökerei sem képesek túlnőni a szennyezett talajréteget. Általában is szűk a talaj/növény aránya, ezért a hatások (esetünkben a B-toxicitás, illetve a 400 mg/kg koncentrációt is elérő B-tartalom a hajtásban) hatványozottan jelentkezhetett a szabadföldi kísérletben megfigyeltekhez viszonyítva (*Kádár és Shalaby 1985*).

## 2. Tenyészedény kísérlet a napraforgóval homoktalajon

### Anyag és módszer

Tenyészedény-kísérletünket 1983-ban állítottuk be split-plot elrendezésben, Koflor-2 fajtájú hibrid napraforgóval. A napraforgót 4-6 leveles korig, kb. 30-40 cm magasságig neveltük, majd meghatároztuk a növéyminták súlyát és ásványi tápelemtartalmát 10 elemre. Edényenként 1,8 kg talajban 5-5 növényt hagytunk meg. A növénykísérletet megismételtük. A kiindulási talaj agrokémiai jellemzőit korábban már ismertettük.

Kísérletünkben 4 K – és 4 B-ellátottsági szintet hoztunk létre az 1. táblázatban bemutatott adagok felhasználásával. A K-, P-, B-trágyák teljes mennyiségét és a N-trágya 1/3-át a kísérlet beállításakor kevertük a talajba, míg a N második harmadát a 2 hetes, a harmadik harmadát a 4 hetes növényekre fejtrágyaként juttattuk ki. A nyári vetésű második növedék műtrágyázásban nem részesült. Előadásunkban a tavaszi vetésű első növedék adatait mutatjuk be.

1. táblázat: A kísérletben felhasznált tápelemek elemekben kifejezve, mg/talaj

Elemek Jele	Ellátottsági szintek				Műtrágyaforma
	0	1	2	3	
K	0	200	400	600	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
B	0	10	20	30	Na <sub>2</sub> BO <sub>7</sub> · 10H <sub>2</sub> O
N	200	200	200	200	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>
P	200	200	200	200	Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> · H <sub>2</sub> O

### Kísérleti eredmények

A kálium- és a bórtrágyázás hatását a 4-6 leveles napraforgó föld feletti hajtásának és gyökerének szárazanyaghozamára a 2. táblázatban mutatjuk be. Amint az adatokból látható, az első B-adag még nem szignifikánsan, csupán

tendenciájában csökkentette a hajtás termését, míg a második (20 ppm B) adag már közel felére, a legnagyobb B-adag pedig 1/7-ére. A K-trágyázás a hozamokat emelte e K-mal gyengén ellátott talajon, azonban a B mérgező hatását nem volt képes döntően ellensúlyozni. A gyökéren a K átlagos termésmenővelő hatása kevésbé, míg a B mérgező hatása kifejezettebben érvényesült. A legnagyobb B-adag a gyökér hozamát kevesebb, mint 1/10-ére csökkentette.

2. táblázat: K és B kezelés hatása a 4-6 leveles napraforgóra, sz.a. g/edény

B-szintek	K <sub>0</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	SzD <sub>5%</sub>	Átlag	%
Első növedék (hajtás)							
B <sub>0</sub>	11,4	17,5	17,2	19,6		16,4	100
B <sub>10</sub>	11,8	16,8	16,6	18,1	2,3	15,8	96
B <sub>20</sub>	5,9	9,3	10,1	12,2		9,4	57
B <sub>30</sub>	1,6	1,3	3,1	3,3		2,3	14
SzD <sub>5%</sub>			2,3			1,2	16
Átlag	7,7	11,2	11,7	13,3	1,2	11,0	-
Első növedék (gyökér)							
B <sub>0</sub>	2,95	3,15	3,52	3,42		3,26	100
B <sub>10</sub>	2,63	3,55	2,91	2,91	0,57	3,00	92
B <sub>20</sub>	0,97	1,67	1,63	1,87		1,54	47
B <sub>30</sub>	0,21	0,16	0,35	0,43		0,29	9
SzD <sub>5%</sub>			0,57			0,28	16
Átlag	1,69	2,14	2,10	2,16	0,28	2,02	-
Hajtás/gyökér aránya							
B <sub>0</sub>	3,9	5,6	4,9	5,7		5,0	100
B <sub>10</sub>	4,5	4,7	5,7	6,2	2,0	5,3	106
B <sub>20</sub>	6,1	5,6	6,2	6,5		6,1	122
B <sub>30</sub>	7,6	8,1	8,8	7,7		8,0	160
SzD <sub>5%</sub>			2,0			1,0	18
Átlag	5,5	6,0	6,4	6,5	1,0	6,1	-

Az SzD<sub>5%</sub> értékei a sorokra és oszlopokra azonosak

Ahhoz, hogy betekintést nyerjünk a növényben végbemenő mechanizmusokba, a 3. táblázatban a makroelemek, a 4. táblázatban a mikroelemek felvételét kíséreljük meg jellemezni. A káliumellátottság javulása nemcsak a hozamot növelte, hanem mintegy 5-szörösére emelte a hajtás K %-át is. Jelentősen nőtt azonban a K-koncentráció a B hatására is. A K- és B-trágyázás együttes hatása eredményeképpen a K-koncentráció több mint 7-szeresére emelkedett.

**3. táblázat:** K és B kezelés hatása a 4-6 leveles napraforgó föld feletti részének makroelemtartalmára

B-szintek	K <sub>0</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	SzD <sub>5%</sub> *	Átlag	%
K %							
B <sub>0</sub>	0,79	1,68	3,12	3,87	0,64	2,37	100
B <sub>10</sub>	0,82	1,80	3,21	4,12		2,49	105
B <sub>20</sub>	0,94	2,52	4,42	5,16		3,26	138
B <sub>30</sub>	1,25	3,82	4,99	5,99		4,01	169
Átlag	0,95	2,45	3,94	4,79	0,32	3,03	-
P %							
B <sub>0</sub>	0,31	0,25	0,27	0,23	0,10	0,27	100
B <sub>10</sub>	0,34	0,25	0,27	0,28		0,29	107
B <sub>20</sub>	0,50	0,42	0,39	0,42		0,43	159
B <sub>30</sub>	0,63	0,64	0,62	0,62		0,63	233
Átlag	0,45	0,39	0,39	0,39	0,05	0,41	-
Ca %							
B <sub>0</sub>	3,98	3,05	2,88	2,66	0,22	3,14	100
B <sub>10</sub>	3,75	2,87	2,59	2,80		3,00	96
B <sub>20</sub>	3,77	3,17	2,94	3,01		3,22	103
B <sub>30</sub>	4,15	3,60	3,49	3,20		3,61	115
Átlag	3,92	3,18	2,98	2,92	0,11	3,25	-
Mg %							
B <sub>0</sub>	0,69	0,39	0,29	0,21	0,07	0,40	100
B <sub>10</sub>	0,72	0,40	0,28	0,23		0,41	102
B <sub>20</sub>	0,80	0,45	0,34	0,26		0,46	115
B <sub>30</sub>	0,73	0,39	0,35	0,25		0,43	108
Átlag	0,74	0,41	0,31	0,24	0,03	0,43	-
Na ppm							
B <sub>0</sub>	213	80	81	45	134	105	100
B <sub>10</sub>	507	68	47	30		163	155
B <sub>20</sub>	1655	155	88	47		486	463
B <sub>30</sub>	1632	400	236	185		613	583
Átlag	1002	176	113	77	63	342	-

\*SzD<sub>5%</sub> értékei a sorokra és oszlopokra azonosak

A foszfortartalom tendenciájában enyhén csökkent magasabb K-ellátottságnál, mely csökkenés a nagyobb hozamokkal előálló hígulási effektus számlájára írható. A termésdepressziót okozó B-adagok ugyanakkor 2-3-szorosára növelték a növények foszfortartalmát. A K-Ca ionantagonizmus hatása figyelhető meg a Ca-tartalom csökkenésén K hatására. A B-ellátottság ezzel ellentétesen hatott, a Ca koncentrációját bizonyíthatóan növelte (3. táblázat).

**4. táblázat:** K és B kezelés hatása a 4-6 leveles napraforgó föld feletti részének mikroelemtartalmára

B-szintek	K <sub>0</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	SzD <sub>5%</sub> *	Átlag	%
Fe mg/kg							
B <sub>0</sub>	166	60	57	42	59	81	100
B <sub>10</sub>	152	56	45	55		77	95
B <sub>20</sub>	91	56	49	51		62	77
B <sub>30</sub>	139	98	79	78		99	122
Átlag	137	67	57	56	30	80	-
Mn mg/kg							
B <sub>0</sub>	85	40	36	33	10	48	100
B <sub>10</sub>	74	37	28	34		43	90
B <sub>20</sub>	60	33	29	32		38	79
B <sub>30</sub>	62	42	38	34		44	92
Átlag	70	38	33	33	5	44	-
Zn mg/kg							
B <sub>0</sub>	35	15	13	14	7	19	100
B <sub>10</sub>	17	13	11	17		14	74
B <sub>20</sub>	15	13	12	15		14	74
B <sub>30</sub>	26	17	16	19		20	105
Átlag	23	15	13	16	3	17	-
Cu mg/kg							
B <sub>0</sub>	6,1	3,8	3,8	3,5	1,8	4,3	100
B <sub>10</sub>	4,7	4,5	3,8	4,0		4,2	98
B <sub>20</sub>	4,8	7,0	4,2	5,0		5,2	121
B <sub>30</sub>	8,5	8,3	6,5	5,0		7,1	165
Átlag	6,0	5,9	4,6	4,4	0,9	5,2	-
B mg/kg							
B <sub>0</sub>	33	41	51	59	113	46	100
B <sub>10</sub>	207	114	148	263		183	398
B <sub>20</sub>	433	316	324	368		360	783
B <sub>30</sub>	780	526	720	523		637	1385
Átlag	363	249	310	303	57	306	-

\*SzD<sub>5%</sub> értékei a sorokra és oszlopokra azonosak

A K-Mg antagonizmus sokkal kifejezettebben nyilvánult meg, mint a K-Ca. A Mg koncentrációja 1/3-ára süllyedt a legnagyobb K-ellátottságnál, a K-mal nem trágyázott edényekhez viszonyítva (3. táblázat). A bórax bóron kívül nátriumot is tartalmaz, tehát Na-forrás. A fiatal napraforgó Na-tartalma a K-mal gyengén ellátott talajon közel 8-szorosára, a közepesen ellátotton mintegy 5-szörösére, míg a jól és

igen jól ellátott talajokon 3-4-szeresére emelkedett a bóráx hatására. A K-Na kationok közötti antagonizmus a Na felvételét azonban még kifejezettebben befolyásolta, mint a Na-adagolás bóráx formájában. Így pl. a B nélküli edényekben a Na-tartalom mintegy ötödére, a B<sub>10</sub> kezelésben 1/10-1/15-ére, a B<sub>20</sub> kezeléseknél 1/20-1/30-ára esett vissza a legmagasabb K-szinteken. A legnagyobb B-adagnál a K-ellátás Na-tartalmat csökkentő hatása ismét mérséklődött (3. táblázat).

A mikroelem-tartalmakat a K-ellátás minden esetben csökkentette a K-mal nem trágyázott edényekhez viszonyítva. A K-mal legjobban ellátott talajon a Fe-tartalom 41-42, a Mn-tartalom 47, a Zn-tartalom 60-70, a Cu-tartalom 73-77, míg a B-tartalom 83-85 %-ra esett vissza. Általában elmondható, hogy a kisebb B-adagok csökkentették, míg az erős B-mérgezést okozó nagyobb B-adagok már megbízhatóan növelték a vizsgált mikroelemek többségének koncentrációit a növényben, különösen a K-mal jobban ellátott talajokon. A K x B negatív kölcsönhatás érvényesült a B-tartalom változásában. Így pl. a K-mal gyengén ellátott talajon B-trágyázás hatására a B koncentrációja közel 24-szeresére, a K-mal közepesen és jól ellátottan 13-14-szeresére emelkedett (4. táblázat).

Már 10 mg/kg B-adag tendenciájában terméscsökkenést okozott tenyészedenyísérletünk körülményei között. A 20 mg B a napraforgó termését átlagosan felére, amíg a 30 mg B-adag közel 1/10-ére csökkentette. A növény összetételét vizsgálva megállapítottuk, hogy a K-trágyázás mintegy 5-szörösére növelte a K %-os mennyiségét, a legnagyobb hozamú edényekben a növények K-tartalma az irodalomban is kielégítőnek tekintett 4 % körüli értékre emelkedett. Az egyéb makroelemek koncentrációi a K-ellátottság javulásával csökkentek: a Na 8, a Mg 32, a Ca 74, a P 87 %-ra esett vissza. A bóráx-szal végzett B-trágyázás hatására a vizsgált makroelemek mennyisége emelkedett az alábbi sorrendben: Na 580 %, P 230 %, K 170 %, Ca 115 %, Mg 110 %. A K x bóráx kölcsönhatás eredményeképpen a Na-tartalom 30-40, a K 7-8, a Mg 3-4, a P 2-3-szoros, míg a Ca mintegy 50 %-os változást szenvedett (3. táblázat).

A K-ellátás javulásával a vizsgált mikroelemek koncentrációi csökkentek. A káliummal nem trágyázott edények növényeiben mért tartalmakat 100-nak véve, a K-mal igen jól ellátott növényekben az alábbiak szerint alakultak: Fe és Mn 40-50 %, Zn és Cu, valamint B 70-80 %. A bóráx-trágyázás elsősorban a B-tartalmakat növelte, egyéb mikroelemek koncentrációit kevésbé befolyásolta (4. táblázat).

## **Összefoglalás**

Megállapítható, hogy a lineárisan növekvő B-adagok hatására közel exponenciálisan nőtt a növények B-tartalma, különösen a K-ban szegény talajon. A 100-150 ppm B-tartalom feletti tartományt mérgezésnek tekinthetjük, az irodalmi adatokkal megegyezően, amely kifejezett terméscsökkenéshez, a talajtermékenység csökkenéséhez vezethet. A talaj kielégítő K-ellátottsága bizonyos fokig ellensúlyozni képes a bóráx-szal végzett túltrágyázás kedvezőtlen hatását. Növényanalízis segítségével az esetleges bórtöbbletek, - mérgezések felderíthetők, diagnosztizálhatók. A vizsgált talajban a B nem kötődik meg a növény számára felvehető formában, ezért az esetleges nagyobb adagú vagy rendszeres B-trágyázás nagy elővigyázatosságot igényel.

### 3. Tenyészedény kísérlet napraforgóval csernozjom talajon

#### A kísérlet módszere és körülményei

Tenyészedény-kísérletünket 1983 tavaszán állítottuk be Koflor-2 hibrid napraforgóval (*Helianthus annuus L.*). A növényeket 4-6 leveles korig kb. 25-40 cm magasságig neveltük, majd edényenként meghatároztuk azok hajtásának és gyökerének súlyát és ásványi tápelemtartalmát a fontosabb 11 elemre. Edényenként 1,8 kg talajban 5-5 növényt hagytunk meg. A műtrágyák talajba keverését követően vetés előtt, valamint az első és a második vetés betakarítása után átlagmintákat vettünk az edények talajaiból. A talajmintákban meghatároztuk a könnyen oldható K-tartalmakat *Egner et al. (1960)*, valamint a forró víz oldható B-tartalmat *Gupta (1967)* szerint.

1. táblázat: A kísérletben felhasznált tápelemek formái és mennyiségei, mg/kg talaj

Elemek jele	Ellátottsági szintek				Műtrágya formája
	0	1	2	3	
K	0	400	800	1200	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
B	0	20	40	60	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> 10H <sub>2</sub> O
N	200	200	200	200	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>
P	200	200	200	200	Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O

A vizsgált mészlepedékes vályogos csernozjom talaj igen jó Mn, kielégítő Mg és Fe, közepes N, K és Cu, valamint gyenge P és Zn ellátottságúnak minősült a talajvizsgálat alapján. A kísérletben 4 K és 4 B ellátottsági szintet és azok kombinációit alakítottuk ki 4 x 4 = 16 kezeléssel, 4 ismétlésben, azaz összesen 64 edényben. Az adagolt tápelemek formáit és mennyiségeit az 1. táblázat tartalmazza. A K, B és P teljes mennyiségét, valamint a N 1/3-át vetés előtt kevertük a talajba, míg a N második harmadát 2 hetes, a harmadik harmadát 4 hetes korban fejtrágyaként juttattuk ki.

#### Eredmények

A talajvizsgálatok adatait a 2. táblázatban közöljük. Az adatok szerint a bevitt K csaknem teljes mennyisége, 80-90 %-a vetés előtt még AL-oldható formában kimutatható a talajban, míg az első termés betakarítását követően mintegy 40 %-a, a második termést követően átlagosan 30 %-a. Tekintettel arra, hogy a növények által felvett K mennyisége az adott K mennyiségéhez viszonyítva elhanyagolható volt, megállapítható, hogy az illit mellett közepes mennyiségű szmektitet tartalmazó talajon a K jelentős megkötődésével kell számolnunk. A K adagok növelésével azonban a K megkötődése csökkenő, egyre több K marad AL-oldható formában.

2. táblázat: Műtrágyázás hatása a talaj könnyen oldható K és B tartalmára

Kezelések (Terhelés)	Vetés előtt		I. termés után		II. termés után	
	mg/kg	%	mg/kg	%	mg/kg	%
AL-K (B kezelések átlagai)						
K <sub>0</sub>	171	100	124	100	134	100
K <sub>1</sub> (400 mg/kg)	449	263	158	127	150	112
K <sub>2</sub> (800 mg/kg)	881	515	298	240	234	175
K <sub>3</sub> (1200 mg/kg)	1233	721	632	510	464	346
SzD <sub>5%</sub>	40	23	30	24	32	24
Forró víz oldható B (K kezelések átlagai)						
B <sub>0</sub>	1,1	100	1,1	100	1,0	100
B <sub>1</sub> (20 mg/kg)	9,3	845	10,1	918	8,6	860
B <sub>2</sub> (40 mg/kg)	27,1	2464	23,7	2155	20,7	2070
B <sub>3</sub> (60 mg/kg)	36,7	3336	37,5	3409	33,4	3340
SzD <sub>5%</sub>	3,6	327	2,1	191	1,8	180

Az adagolt B mennyiségének ugyanekkor átlagosan mintegy fele forró víz oldható formában maradt a talajban. Tendencia jelleggel itt is megfigyelhető, hogy a nagyobb adagok esetén a megkötődés kisebb, illetve nagyobb hányad mutatható ki felvehető formában. A tenyésztő folyamán azonban az oldható B mennyisége lényegében nem változik, az egyensúly gyorsan beállt a vízdoldható és a nem vízdoldható adszorbeált formák között (2. táblázat).

A növények földfeletti hajtásának és a gyökerének szárazanyaghozamát a 3. táblázatban mutatjuk be. Amint az adatokból látható, míg az első B adag terméscsökkenést nem eredményezett, a 40 ppm B adagolása a hajtás termését átlagosan 89, a 60 ppm adag pedig 64 %-ra csökkentette. A gyökér hozamain ez a terméscsökkenés erőteljesebben kifejezett. A K trágyázás első adagja (jó ellátottsági szint eléréséig) a hozamokat mintegy 20-25 %-kal növelte, mind a hajtásban, mind a gyökérben. A K-mal történő túltrágyázás (K<sub>2</sub> és K<sub>3</sub> szinteken) sem hozamnövelést, sem hozamcsökkenést nem okozott. Kétségtelen azonban, hogy a talaj kielégítő K-ellátottsága mind a gyökérben, mind a hajtásban a B túlsúly káros, mérgező hatását bizonyos fokig ellensúlyozta.

A hajtás/gyökér hozamarányainak viszonya arra utal, hogy a növényt érő stressz hatás negatív következménye elsősorban a gyökéren jelentkezik (első védelmi rendszer), különösen a K-mal nem kielégítően ellátott talajon.

Amint a 4. táblázatból látható a K-ellátás a legtöbb elem koncentrációját megváltoztatta a növényben. A K-tartalom a hajtásban mintegy 3,5-szeresére, míg a gyökérben közel 7-szeresére nőtt. A többi vizsgált elem koncentrációja általában bizonyíthatóan vagy tendenciajelleggel csökkent mind a hajtásban, mind a gyökérben. Különösen kifejezett a Mg és Na kationok csökkenése, mely részben az ismert ionantagonizmus jelenségére vezethető vissza. A hajtás N és B tartalmának változásán a két adagolt tápelem közötti kölcsönhatások is megnyilvánultak.



3. táblázat: K és B kezelés hatása a 4-6 leveles napraforgó sz.a. hozamára, g/edény

B szintek	K <sub>0</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	SzD <sub>5%</sub>	Átlag	%
Földfeletti hajtás							
B <sub>0</sub>	11,8	12,8	15,4	12,9		13,2	100
B <sub>1</sub>	12,0	13,8	14,5	13,2	1,9	13,4	102
B <sub>2</sub>	10,4	12,1	13,0	11,2		11,7	89
B <sub>3</sub>	6,3	10,7	7,1	9,4		8,4	64
SzD <sub>5%</sub>			1,9			1,0	8
Átlag	10,1	12,4	12,5	11,7	1,0	11,7	89
Gyökér							
B <sub>0</sub>	1,5	1,8	2,0	1,7		1,8	100
B <sub>1</sub>	1,6	1,8	1,7	1,7	0,4	1,7	94
B <sub>2</sub>	1,1	1,4	1,5	1,3		1,3	72
B <sub>3</sub>	0,6	1,2	0,9	1,2		1,0	56
SzD <sub>5%</sub>			0,4			0,2	11
Átlag	1,2	1,5	1,5	1,5	0,2	1,4	78

4. táblázat: K-kezelés hatása a 4-6 leveles napraforgó elemtartalmára

Elem jele, menny.e.		K <sub>0</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	SzD <sub>5%</sub>	Átlag
Hajtás (B kezelések átlagai)							
N	%	3,00	2,77	2,71	2,52	0,20	2,75
K	%	1,95	5,18	6,96	7,14	0,27	5,31
Ca	%	2,41	2,06	2,04	1,70	0,25	2,05
Mg	%	0,97	0,50	0,33	0,28	0,03	0,52
Na	%	0,16	0,09	0,11	0,10	0,04	0,11
P	%	0,29	0,25	0,25	0,23	0,02	0,26
Fe	mg/kg	183	115	103	99	33	125
Mn	mg/kg	93	63	59	56	7	68
Zn	mg/kg	18	14	16	17	5	16
Cu	mg/kg	5	4	4	4	1	4
B	mg/kg	236	204	206	195	40	210
Gyökér (B kezelések átlagai)							
N	%	1,86	1,61	1,57	1,60	0,22	1,66
K	%	0,75	2,97	4,02	5,11	0,34	3,21
Ca	%	0,99	0,87	1,00	0,95	0,13	0,95
Mg	%	0,68	0,49	0,36	0,28	0,08	0,45
Na	%	0,79	0,49	0,33	0,23	0,05	0,46
P	%	0,27	0,25	0,24	0,24	0,03	0,25
Fe	%	0,30	0,27	0,23	0,20	0,05	0,25
Mn	mg/kg	113	96	90	84	17	96
Zn	mg/kg	20	17	14	16	5	17
Cu	mg/kg	12	11	10	9	2	10
B	mg/kg	38	33	39	47	11	39

A B túlsúly a N és a K koncentrációit is növelte. A hajtás és a gyökér átlagos tápelemtartalmait összehasonlítva megállapítható, hogy a gyökérben kisebb a N, K és különösen a Ca, míg magasabb a Mn, mintegy 30-40 %-kal, a Cu 2,5-szerese, a Na 4-szerese és a Fe koncentrációja 20-szorosa a hajtásénak (4.táblázat).

5. táblázat: A B, valamint a KxB kezelések hatása a 4-6 leveles napraforgó szerveinek elemtartalmára

Elem jele, menny.e.		B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	SzD <sub>5%</sub>	Átlag
Hajtás (K kezelések átlagai)							
N	%	2,56	2,61	2,70	3,11	0,20	2,75
K	%	5,18	4,96	5,28	5,80	0,27	5,31
Ca	%	2,08	1,85	2,02	2,27	0,25	2,05
Mg	%	0,53	0,49	0,50	0,55	0,03	0,52
Na	%	0,08	0,11	0,12	0,14	0,04	0,11
P	%	0,27	0,23	0,24	0,28	0,02	0,26
B	mg/kg	82	125	227	407	40	210
Gyökér (K kezelések átlagai)							
N	%	1,81	1,75	1,55	1,53	0,22	1,66
Mg	%	0,51	0,51	0,41	0,39	0,08	0,45
Na	%	0,31	0,40	0,51	0,61	0,05	0,46
P	%	0,29	0,27	0,23	0,21	0,03	0,25
B	mg/kg	23	34	39	60	11	39
Zn	mg/kg	21	17	14	15	5	17
Gyökér, Mg							
K <sub>0</sub>	%	0,76	0,72	0,66	0,59	0,16	0,68
K <sub>1</sub>	%	0,56	0,56	0,47	0,38		0,49
K <sub>2</sub>	%	0,36	0,44	0,27	0,34		0,36
K <sub>3</sub>	%	0,34	0,30	0,26	0,24		0,28
Gyökér, Na							
K <sub>0</sub>	%	0,46	0,69	1,00	1,02	0,10	0,79
K <sub>1</sub>	%	0,35	0,44	0,56	0,60		0,49
K <sub>2</sub>	%	0,25	0,26	0,27	0,52		0,33
K <sub>3</sub>	%	0,18	0,20	0,22	0,30		0,23

A B túlsúly a legtöbb elem százalékos tartalmát a hajtásban növelte, a K-mal ellentétben. A gyökérben ezzel szemben a N, Mg, P és Zn koncentrációi csökkentek, mind a K, mind a B hatására. A B tartalma B trágyázás hatására a hajtásban közel 5-szörösére, míg a gyökérben alig 3-szorosára emelkedett.

B trágyázás nélkül a hajtás B koncentrációja alig 4, míg az erős B túlsúly esetén közelítően 6-szorosa a gyökérnek. A B tehát igen könnyen bejut a növénybe a talajból és a növényen belüli transzportja sem gátolt, tömegárammal tovább juthat a hajtásba és ott akkumulálódik (5. táblázat).

A gyökér százalékos Mg, Na és P tartalmán látható, hogy bizonyos kölcsönhatások is nyomon követhetők a K és B együttes trágyázásának hatására. A Mg tartalmát mind a K, mind a B ellátás csökkentette, együttes adagolásuk eredményeképpen a gyökér Mg koncentrációja 1/3-ára süllyedt. A bóráx bóron kívül Na-ot is tartalmaz, tehát Na-forrás is. A B mintegy megduplázza ezen elem

tartalmát, különösen a K-mal gyengébben ellátott talajon, míg a K 1/3-ára csökkentette, különösen a B-ral gyengébben ellátotton. A P százalékok mind a B-, mind a K-ellátás javulásával süllyedtek tendenciájukban (5. táblázat).

#### Összefoglalás

Tenyészedény-kísérletünk adatai alapján megállapítható, hogy a vizsgált meszes vályog, illit mellett jelentős mennyiségű szmektitet is tartalmazó talajon a K jelentős kémiai megkötődésével kell számolnunk, míg a talajba adott B mintegy fele forró víz oldható formában maradt a tenyésztő végéig, az AL-oldható K 2/3-a könnyen oldható formában nem volt kimutatható.

A 4-6 leveles napraforgó hajtásának hozama 40 ppm B adagolásával átlagosan 89, 60 mg/kg hatására 64 %-ára csökkent. Ez a hozamcsökkenés a gyökérben kifejezettebb volt (72 %, illetve megfelelően 56 %) a B-ral nem trágyázotthoz viszonyítva. A K ellátás javulásával a B túlsúly káros hatása részben ellensúlyozható volt. A K trágyázás többszörösére növelte a növényi részek K tartalmát, ugyanakkor a többi vizsgált elem koncentrációját bizonyíthatóan nagy tendencia jelleggel csökkentette. A B túlsúly ezzel ellentétesen hatott a hajtásban, míg a gyökérben a N, Mg, P és Zn tartalmak csökkenését eredményezte a K-hoz hasonlóan.

A hajtás B tartalma a kontroll talajon közel 4, míg a B-ral erősen trágyázotton mintegy 6-szorosa a gyökérnek. A B tömegárammal könnyen bejuthat a növénybe és a növényen belüli transzportja sem gátolt, így elsősorban a hajtásban akkumulálódik. A B hajtás koncentrációja a talaj B tartalmával a B<sub>2</sub> szintig arányosan, ezt követően rohamosan emelkedett. Ha a talaj forró víz oldható B tartalma meghaladta a 10-20 mg/kg, illetve a fiatal napraforgó hajtásának B koncentrációja a 100-150 mg/kg értéket, a talajtermékenység csökkenésével, a napraforgó termésvesztésével kellett számolnunk. Szükségesnek tartjuk megállapításainkat szabadföldi viszonyok között is ellenőrizni, illetve pontosítani.

#### 4. Szabadföldi tartamkísérlet csernozjom talajon, Mezőföldön

##### Anyag és módszer

A K és B elemek közötti kölcsönhatásokat vizsgáló kísérletet 1987 őszén állítottuk be az MTA TAKI Nagyhorcsók Kísérleti Telepén. A kísérlet talaja löszön képződött mészlepedékes csernozjom vályog mely mintegy 5 % CaCO<sub>3</sub>-ot, 3 % humuszt és 20 % agyagot tartalmaz a szántott rétegben. Az 1987 őszén végzett talajelemzéseink szerint a feltalajban a pH(H<sub>2</sub>O) 7,8; pH(KCl) 7,3; AL-K<sub>2</sub>O 180-200; AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 100-120; KCl-oldható Mg 110-150; KCl+EDTA oldható Mn 60-80, Cu és Zn 1-2 mg/kg értékekkel volt jellemezhető. A MÉM NAK (1979) által elfogadott módszerek és határértékek alapján ezek az adatok a talaj kielégítő Mn, Mg és K, közepes N és P, valamint gyenge Zn és Cu ellátottságáról tanúskodnak. A talajvíz szintje 13-15 m mélyen található, a terület aszályérzékeny. Éghajlata az Alföldéhez hasonlóan szárazságra hajló, átlagos középhőmérséklete 11 °C, az éves csapadékösszeg általában 400-600 mm között ingadozik.

A kísérlet osztott parcellás (split-plot) elrendezésű beállításkor  $3K \times 4B = 12$  kezeléssel és 3 ismétlésben, összesen 36 parcellával. A parcellák mérete  $4,9 \times 8 = 39,2 \text{ m}^2$  volt. A parcellákat 1992 tavaszán megfektük és az így nyert fél parcellákon  $67 \text{ kg/ha}$  Sr-ot szórtunk ki  $\text{SrCl}_2$  formájában. A  $4B \times 3K \times 2\text{Sr} = 24$  kezelés  $\times$  3 ismétlés = 72 parcellát eredményezett, ahol a  $B \times K \times \text{Sr}$  elemek közötti kölcsönhatások is vizsgálhatókká váltak.

**1. tényező (főparcellák): K**

$K_0$  = kontroll

$K_1$  =  $1000 \text{ kg/ha}$   $\text{K}_2\text{O}$  1987 és 1990 őszén kiadva

$K_2$  =  $2000 \text{ kg/ha}$   $\text{K}_2\text{O}$  1987 és 1990 őszén kiadva

**2. tényező (alparcellák): B**

$B_0$  = kontroll

$B_1$  =  $20 \text{ kg/ha}$  B 1988 tavasz és 1990 őszén kiadva

$B_2$  =  $40 \text{ kg/ha}$  B 1988 tavaszán és 1990 őszén kiadva

$B_3$  =  $60 \text{ kg/ha}$  B 1988 tavaszán és 1990 őszén kiadva

**3. tényező (al-alparcellák): Sr**

$\text{Sr}_0$  = kontroll

$\text{Sr}_1$  =  $67 \text{ kg/ha}$  Sr 1992 tavaszán kiadva

A tartamkísérlet 1988-2004 között folyt, 17 éven át. A kísérlet beállításának körülményeiről és az első 7 évben kapott eredményekről korábbi munkáink számolnak be (*Kádár 2011, 2012*). A növényi sorrendet az 1. táblázat tekinti át feltüntetve a termesztett növényfajokat, fajtákat, illetve hibrideket is az egyes években. Megemlítjük, hogy az alaptrágyázás általában  $100\text{-}100 \text{ kg/ha/év}$  N és  $\text{P}_2\text{O}_5$  volt 25 %-os pétisó és szuperfoszfát formájában. A lucerna N-trágyázásban nem részesült, a  $400 \text{ kg/ha}$   $\text{P}_2\text{O}_5$  adagot a telepítést megelőzően adtuk ki a 4 évre. Kálisóként 60 %-os KCl-ot, bórtrágyaként 11,3 %-os bóraxot használtunk.

**1. táblázat:** A tartamkísérlet növényi sorrendje 1988-2004 között

Kísérlet éve	Növényfaj (forgó)	Fajta (hibrid)	Kísérlet Éve	Növényfaj (forgó)	Fajta (hibrid)
1988	napraforgó	Topflor-2	1996	búza	MV-21
1989	kukorica	Pi 3732	1997	bab	Debreceni tarka
1990	tavaszi repce	Arista	1998	mák	Kompolti-M
1991	lucerna	Verko	1999	őszi árpa	Botond
1992	lucerna	Verko	2000	tritikále	Presto
1993	lucerna	Verko	2001	koronafürt	Kompolti tarka
1994	lucerna	Verko	2002	koronafürt	Kompolti tarka
1995	cirok	Alföldi-1	2003	koronafürt	Kompolti tarka
			2004	koronafürt	Kompolti tarka

A betakarítást követően parcellánként 20-20 pontból eseti jelleggel átlagmintákat vettünk a szántott talajrétegből. A talajmintákat szintén 40-50 °C-on szárítottuk, majd homogenizáltuk analízisre előkészítve. A talajok alapvizsgálati jellemzőit *Baranyai et al. (1987)*, illetve a *MÉM NAK (1978)* által ismertett eljárásokkal vizsgáltuk. Az ammóniumlaktát + ecetsav oldható PK tartalmakat *Egner et al. (1960)*, a humuszt *Tyurin (1937)* módszere szerint határoztuk meg. A N mérése *Kjeldahl (1891)* szerint, míg az NH<sub>4</sub>-acetát+EDTA oldható elemeket *Lakanen és Erviö (1971)* módszerével vizsgáltuk a kísérlet egyes éveiben. A növényeket a hagyományos cc. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + cc. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> roncsolást követően elemeztük a B kivételével. A B vizsgálatát talajban és a növényekben az azomethine-H módszerével végeztük *Sippola és Erviö (1977)*, illetve *Sillanpää (1982)* leírása alapján.

#### 4.1. Napraforgó 1988-ban

A Topflor-2 fajtájú napraforgó vetése kézi puskával történt 70 x 30 cm kötésben. Aratás idején 2,8 x 13 = 36,4 m<sup>2</sup> területű nettó parcellákon a tányérokat kézzel levágtuk, majd parcellakombájnnal csépeztük el. A főbb agrotechnikai műveleteket és megfigyeléseket az *I. táblázat* tekinti át. Megemlítjük, hogy általában az üzemekben akkor szokásos agrotechnikát alkalmaztuk.

A növényállományt parcellánként 1-5 skálán bonitáltuk 4-6 leveles korban, virágzás kezdetén és törés előtt. A 4-6 leveles korban parcellánként 20-20 gyökeres növényt vettünk mintaként. A gyökereket alaposan megtisztítottuk a talajtól, portalanítottuk, majd egy gyors csapvizes lemosás után 40-50 °C-on szárítottuk. Betakarításkor 10-10 tövet vágtunk ki parcellánként a fő- és melléktermés arányának megállapítása, valamint a laborvizsgálat céljából.

*I. táblázat: Agrotechnikai műveletek és megfigyelések a kísérletben, 1988*

Műveletek megnevezése	Időpont	Egyéb megjegyzés
1. Őszi műtrágyázás (N, P, K)	1987.09.10.	Parcellánként kézzel
2. Egyirányú szántás	1987.09.11.	MTZ-50+Lajta eke
3. Szántás elmunkálása	1987.09.11.	MTZ-50+nehéz fogas
4. Tavaszi műtrágyázás (N, B)	1988.03.12.	Parcellánként kézzel
5. Műtrágyák bedolgozása	1988.03.12.	MTZ-50+tárcsa
6. Vetőágykészítés	1988.04.20.	MTZ-50+kombinátor
7. Vetés (Topflor-2 fajta)	1988.04.21.	MTZ-50+vetőgép
8. Magtakarás	1988.04.21.	MTZ-50+simahenger
9. Bonitálás 4-6 leveles korban	1988.06.07.	Parcellánként 1-5 skálán
10. Gyökeres növénymintavétel	1988.06.07.	Parcellánként 20-20 db
11. Bonitálás virágzás kezdetén	1988.07.08.	Parcellánként 1-5 skálán
12. Bonitálás betakarításkor	1988.09.22.	Parcellánként 1-5 skálán
13. Mintakéve aratáskor	1988.09.22.	Parcellánként 10-10 növény
14. Kombájnnal	1988.09.23.	Parcellánként 4-4 sor
15. Mintakévek cséplése	1988.10.20.	Parcellánkénti átlagminta
16. Minták őrlése analízisre	1988.11.18.	Parcellánkénti átlagminta

Megjegyzés: A vetés kézipuskával történt 4-6 cm mélyre vetve 70 x 30 cm kötésben, 10 kg/ha vetőmag felhasználásával. Aratáskor 2,8 x 13 = 36,4 m<sup>2</sup> területen a tányérokat kézzel levágtuk, majd parcellakombájnnal elcsépeztük.

2. táblázat: Havi, negyedéves és a féléves csapadékösszegek a kísérletben 1988-ban

Hónap	Mért, mm	Sokéves átlag, mm	Hónap	Mért, mm	Sokéves átlag, mm
01	38	29	07	29	55
02	53	29	08	97	60
03	58	32	09	57	47
Összesen	149	90	Összesen	183	161
04	25	43	10	27	41
05	11	46	11	14	53
06	71	71	12	38	41
Összesen	107	156	Összesen	79	135
01-06	256	245	07-12	262	296

Megjegyzés: A 04-09. havi tenyészidőszak alatti csapadékösszeg 1988-ban 290 mm, míg a 48 éves átlag 317 mm volt

A havi, negyedéves és a tenyészidő alatti (04-09. hónapok közötti) csapadékösszegekről a 2. táblázat adatai tájékoztatnak. Az elővetemény lucerna a talajt kiszárította, de a napraforgó vetéséig mintegy 150 mm csapadék hullott, mely némileg pótolta a felsőbb talajrétegek vízkészletét. Az adott vályogtalaj 1 m rétegének szabadföldi vízkapacitása (VKsz) 310 mm, holtvíztartalma 140 mm (HV), amikor a hervadáspont jelentkezik. A hasznosítható vagy diszponibilis vízkészlet (DV) tehát 160-180 mm körüli lehet Győri és Ihász (1968), illetve Rajkai (2011) szerint.

Rendkívül száraz volt viszont a május, majd a július hónap. A tenyészidőszak egészét tekintve a sokéves átlagot csaknem elérő 290 mm csapadékot kapott a napraforgó, 27 mm-rel elmaradva a sokéves átlagértéktől.

#### Eredmények megvitatása

A 4-6 leveles napraforgó légszáraz tömegére sem a K, sem a B adagok érdemi hatást nem gyakoroltak. Betakarítás idején a tőszám 34 ezerről 23 ezerre csökkent a B-terhelés nyomán, a K-kontroll parcellákon. A K-feltöltés a B ilyen irányú negatív hatását ellensúlyozta. A terméselemek kiegyensúlyozó hatása eredményeképpen a kevesebb tőszámmal nagyobb tányérátmérő, nagyobb tányéronkénti kaszatszám, nagyobb ezerkaszattömeg, így megnövelt tányéronkénti kaszattömeg, illetve ha-énti kaszattermés járt együtt. A K hatása ezzel ellentétes irányú volt. A 3. táblázatban bemutatott adatok szerint a változások tendencia jellege egyértelmű, de statisztikailag azonban nem mindig igazolható.

Megemlítjük, hogy a kóró légszáraz tömege a kaszattömeggel egyezően 2,1 t/ha, a tányér 1,3 t/ha, az aratáskori földfeletti biomassa 5,5 t/ha volt. A kaszat 39 % olajat tartalmazott, az átlagos olajhozam 823 kg/ha mennyiséget tett ki a kezelésektől lényegében függetlenül. A Vetőmagvállalat által végzett csíráztatási vizsgálatok szerint a termett kaszatban a tiszta anyag 80,5 %, a hulladék 19,5 %, az ép csíra 92,5 %, a beteg csíra 5,9 %, a rothadt csíra 1,6 %, a csírázási napok száma átlagosan 48 volt a kezelésektől függetlenül.

3. táblázat: A K és B trágyázás hatása a napraforgó terméselemeire 1988-ban

K <sub>2</sub> O adag kg/ha	B adagok kg/ha 1988 tavaszán				SzD <sub>5%</sub>	Átlag
	0	20	40	60		
Tőszám, 1000 db/ha						
0	34	32	30	23	5	30
1000	34	36	31	27		32
2000	31	31	35	30		32
SzD <sub>5%</sub>		6				4
Átlag	33	33	32	27	3	31
Tányérátmérő, cm						
0	20	22	20	24	4	21
1000	21	20	22	22		21
2000	20	21	20	21		21
SzD <sub>5%</sub>		3				2
Átlag	20	21	21	22	2	21
Kaszat db/tányér						
0	1045	1189	1181	1479	244	1224
1000	1026	1198	1218	1366		1202
2000	1188	1033	1082	1197		1125
SzD <sub>5%</sub>		144				120
Átlag	1086	1140	1160	1347	133	1184
Ezerszemtömeg, g						
0	57	54	58	68	5	59
1000	57	52	57	60		56
2000	58	58	53	58		57
SzD <sub>5%</sub>		8				6
Átlag	57	55	56	62	3	57
Kaszattömeg, g/tányér						
0	62	66	70	101	13	75
1000	59	62	71	85		69
2000	70	62	60	72		66
SzD <sub>5%</sub>		15				7
Átlag	64	63	67	86	7	70
Kaszattermés, t/ha						
0	2,07	2,08	2,05	2,30	0,23	2,13
1000	2,03	2,22	2,20	2,22		2,17
2000	2,10	1,87	2,03	2,09		2,02
SzD <sub>5%</sub>		0,25				0,16
Átlag	2,07	2,06	2,10	2,20	0,13	2,11

A légszáraz napraforgó szerveiben az átlagos B-tartalom eltérő volt. Leginkább az aratáskori tányér halmozta fel a B-t 69 mg/kg koncentrációban, mely a kóró és a kaszat átlagos tartalmát mintegy 3-szorosan múlta felül. A 4-6 leveles korú hajtásban 54 mg/kg, míg a gyökérben 37 mg/kg B-készletet mértünk. A B-trágyázás minden

esetben igazolhatóan növelte a növényi részek B-tartalmát, míg a K-trágyázás tendenciajelleggel vagy igazolhatóan mérsékelte. A K x B kölcsönhatások nyomán akár 20 mg/kg különbségeket találunk a tányérban, míg a genetikailag védettebb kaszatban csupán 4 mg/kg körüli eltérések jelentkeznek (4. táblázat).

Tanulságos figyelemmel kísérni a két vizsgált elem, a K és a B egymáshoz viszonyított arányának alakulását a napraforgó szerveiben. Mekkora módosulások léphetnek fel? A fiatal hajtásban ez a hányados 894, a tányérban 511, míg a szárban és a kaszatban aratáskor átlagosan 430-szoros a K-túlsúlya B-hoz viszonyítva.

4. táblázat: K és B trágyázás hatása a légszáraz napraforgó B-tartalmára, mg/kg

K <sub>2</sub> O kg/ha	B kg/ha				SzD <sub>5</sub> %	Átlag
	0	20	40	60		
Gyökér 4-6 leveles korban, 1988.06.07-én						
0	29	36	45	46		39
1000	25	37	39	45	6	36
2000	26	35	41	44		36
SzD <sub>5</sub> %			6			3
Átlag	27	36	42	45	4	37
Hajtás 4-6 leveles korban, 1988.06.07-én						
0	49	59	61	62		58
1000	48	54	59	68	6	57
2000	45	49	51	47		48
SzD <sub>5</sub> %			6			3
Átlag	47	54	57	59	4	54
Szár aratáskor, 1988.09.22-én						
0	21	20	26	27		24
1000	25	23	23	24	5	24
2000	19	21	22	24		22
SzD <sub>5</sub> %			6			5
Átlag	22	21	24	25	3	23
Tányér aratáskor, 1988.09.22-én						
0	58	69	75	81		71
1000	64	67	71	78	8	70
2000	62	65	70	71		67
SzD <sub>5</sub> %			8			4
Átlag	61	67	72	77	5	69
Mag aratáskor, 1988.09.22-én						
0	19	19	21	21		20
1000	21	20	22	22	2	21
2000	18	18	18	20		18
SzD <sub>5</sub> %			3			2
Átlag	19	19	20	21	1	20



A K x B kezeléskombinációkban a K/B elemarányok természetesen széles sávban ingadozhatnak még a növényi szövetekben. Különösen a gyökérben láthatunk extrém szórásokat. Összességében megállapítható, hogy a K-túlsúly a fiatal gyökér, hajtás, tányér, szár, kaszat sor szerint csökken (5. táblázat).

5. táblázat: A K és B trágyázás hatása a napraforgó szervek K/B elemarányára, 1988

K <sub>2</sub> O kg/ha	B kg/ha				SzD <sub>5%</sub>	Átlag
	0	20	40	60		
Gyökér 4-6 leveles korban június 7-én						
0	1376	1089	860	767		1023
1000	1516	1319	1113	933	325	1220
2000	2200	1443	1254	1132		1507
SzD <sub>5%</sub>			348			200
Átlag	1697	1284	1076	944	180	1250
Hajtás 4-6 leveles korban június 7-én						
0	912	799	757	758		807
1000	985	903	825	686	185	850
2000	1170	980	923	1035		1027
SzD <sub>5%</sub>			201			123
Átlag	1022	894	835	826	107	894
Szár aratáskor, szeptember 22-én						
0	306	419	324	371		355
1000	453	440	438	340	174	418
2000	697	518	459	469		536
SzD <sub>5%</sub>			240			190
Átlag	485	459	407	393	100	436
Tányér aratáskor, szeptember 22-én						
0	580	507	469	441		499
1000	555	510	486	436	136	497
2000	595	568	483	503		537
SzD <sub>5%</sub>			70			38
Átlag	577	528	479	460	82	511
Mag aratáskor, szeptember 22-én						
0	425	452	392	412		420
1000	404	399	400	399	52	400
2000	479	475	459	429		461
SzD <sub>5%</sub>			57			35
Átlag	436	442	417	413	30	427

A napraforgó átlagos összetételének adatait a 6. táblázat foglalja össze. Látható, hogy a 4-6 leveles gyökérben főként a Na és Fe elemek, hajtásban a K, N, Ca és Mg elemek, aratáskori tányérban a Ca, B és Cu, míg a kaszatban a N, P, Zn és Cu elemek dúsulnak. A szár elszegényedik elsősorban N, P, Zn és Cu elemekben, melyekben a kaszat dúsult.

6. táblázat: A napraforgó szerveinek átlagos összetétele 1988-ban

Elem jele	Mértékegység	4-6 leveles korban		Aratás idején		
		Gyökér	Hajtás	Szár	Tányér	Kaszat
K	%	4,45	4,77	0,98	3,51	0,85
N	%	1,50	3,88	0,47	1,19	3,46
Ca	%	0,47	2,47	0,15	2,22	0,15
Mg	%	0,38	0,72	0,27	0,28	0,26
P	%	0,31	0,40	0,04	0,11	0,60
Na	mg/kg	3300	114	474	82	63
Fe	mg/kg	2800	725	130	161	78
Mn	mg/kg	88	98	21	27	20
B	mg/kg	37	54	23	69	20
Zn	mg/kg	35	23	5	9	44
Cu	mg/kg	12	10	2	14	14

A kereken 2,1 t légszáraz kóró; 1,3 t tányér és 2,1 t kaszat összesen 5,5 t/ha földfeletti biomasszájával 98 kg N, 83 kg K, 35 kg Ca és 15-15 kg Mg és P távozott ha-ént. A felvett Na 1,3 kg-ot, a Fe 0,6 kg-ot ért el. A B 179 g, Mn és Zn 115-120 g közötti mennyiséget, a Cu 52 g-ot jelzett. Az átlagos fajlagos elemfelvétel vagy elemtartalom 1 t tervezhető kaszattermés + a hozzátartozó mellékterméssel (tányér, kóró) mintegy 46 kg N, 40 kg K (47 kg K<sub>2</sub>O), 16 kg Ca (23 kg CaO), 7 kg P (16 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) és 7 kg Mg (11 kg MgO) értékkel volt jellemezhető ebben a kísérletben. Adataink felhasználhatók a napraforgó műtrágyaigényének becslésekor a szaktanácsadásban (7. táblázat).

Hasonló meszes talajokon természetesen a Ca és Mg trágyaigénnyel nem kell számolni. Mivel a napraforgó erőteljes és agresszív gyökérszettel rendelkezik, kötöttebb talajokon nem K-igényes, valamint humuszos talajokon N-igényének nagyobb részét is képes a talajból kielégíteni. Saját kísérleteink eredményei, illetve az Országos Műtrágyázási Tartamkísérletek (OMTK) adatai szerint az 50 kg/ha/év N-adag felett a kaszattermések már nem nőttek, viszont a kaszatok olajtartalma és a ha-énti olajhozam igazolhatóan csökkent (Dvoracek 1986, Harmati 1989, Lukácsné 1988, Kádár 1989).

A talajzsaroló napraforgó viszont a tápanyagban szegény homoktalajokon rendkívül trágyaigényessé válik. Termése kedvező csapadékeloszlású évben azonban elérheti vagy meghaladhatja az országos átlagot, pl. a savanyú nyírségi homokon is, amennyiben bőséges trágyázással a talaj tápelemkínálatát a kívánt optimumra növeljük és savanyú talajokon rendszeres meszezéssel biztosítjuk a 6 körüli pH(KCl) értéket (Balogh és Józsa 1986, Kádár és Vass 1988). A Duna-Tisza közén, meszes homoktalajon szintén kitűnik a napraforgó trágyaigényességével és aszályérzékenységgel (Lásztity 1983).

7. táblázat: A napraforgó szerveinek átlagos elemfelvétele 1988-ban

Elem jele	Mérték egység	4-6 leveles korban		Aratás idején			Aratás idején Összesen
		Gyökér	Hajtás	Szár	Tányér	Kaszat	
Légsz.a.	kg/ha	24	264	2130	1270	2110	5510
K	kg/ha	1,1	12,6	20,9	44,6	17,9	83
N	kg/ha	0,4	10,2	10,0	15,1	73,0	98
Ca	kg/ha	0,1	6,5	3,2	28,2	3,2	35
Mg	kg/ha	<0,1	1,9	5,8	3,6	5,5	15
P	kg/ha	<0,1	1,1	0,9	1,4	12,7	15
Na	g/ha	79	30	1010	104	133	1247
Fe	g/ha	67	191	277	204	165	646
Mn	g/ha	2	26	45	34	42	121
B	g/ha	<1	14	49	88	42	179
Zn	g/ha	<1	6	11	11	93	115
Cu	g/ha	<1	3	4	18	30	52

Megjegyzés: Az átlagos fajlagos elemfelvétel 1 t tervezett kaszatterméshez és a hozzátartozó mellékterméssel 40 kg K (47 kg K<sub>2</sub>O), 46 kg N, 7 kg P (16 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 7 kg Mg (11 kg MgO) és 16 kg Ca (23 kg CaO)

A napraforgó aratáskori szerveibe épült elemek megoszlását vizsgálva arra a következtetésre juthatunk, hogy kombájn betakarítással, amikor a szár és a tányér a táblán marad és leszántásra kerül, a talaj elsősorban N és P, illetve Zn és Cu elemekben szegényedhet. Amint a 8. táblázat adatai igazolják, pl. a K és Ca nagyobb része, mintegy 80-90 %-a el sem kerül a tábláról. Korábbi kísérletünk eredménye szerint a napraforgó által felvett K-nak átlagosan csupán 13 %-át találtuk a magban. A 3 t/ha magterméssel 35 kg K<sub>2</sub>O kivonás történt ezen a talajon (Kádár 2001).

8. táblázat: A napraforgó szerveibe épült elemek %-os megoszlása 1988-ban

Elem jele	4-6 leveles korban		Aratás idején		
	Gyökér %	Hajtás %	Szár %	Tányér %	Kaszat %
K	1,3	15,1	25,0	53,5	21,5
N	0,4	10,4	10,2	15,4	74,4
Ca	0,3	18,8	9,2	81,5	9,3
Mg	0,6	12,8	38,9	24,2	36,9
P	0,5	7,3	6,0	9,3	84,7
Na	0,6	2,4	81,0	8,3	10,7
Fe	10,4	29,6	42,9	31,6	25,5
Mn	1,6	21,5	37,2	28,1	34,7
B	0,5	7,8	27,4	49,1	23,5
Zn	0,7	5,2	9,6	9,6	80,8
Cu	0,4	5,8	7,7	34,6	57,7

\*A szár + tányér + kaszat összes földfeletti terméssel aratáskor = 100 %

### Összefoglalás

Mészlepedékes csernozjom vályogtalajon, az MTA TAKI Nagyhörcsök Kísérleti Telepén vizsgáltuk a K és B elemek közötti kölcsönhatásokat 1988-ban napraforgó jelzőnövényen. Alaptrágyázás 100 kg/ha N és 100 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> volt. A K-szinteket 0, 1000, 2000 kg/ha K<sub>2</sub>O feltöltő adaggal, a B-szinteket 0, 20, 40, 60 kg/ha adaggal állítottuk be 1977 őszén, lucerna elővetemény után. A műtrágyákat Ca-ammóniumnitrát, szuperfoszfát 60 %-os KCl és 11 %-os bóráx formában alkalmaztuk. Főparcellaként a 3 K-szint, alapparcellaként a 4 B-szint szolgált 12 kezeléssel és 3 ismétlésben, 36 parcellával, osztott parcellás (split-plot) elrendezésben.

A termőhely szántott rétege 5 % körüli CaCO<sub>3</sub>-ot, 3 % humuszt, 20-22 % agyagot tartalmazott. A talaj eredetileg N, Ca, Mg, Mn elemekkel jól, K-mal közepesen, P és Zn elemekkel viszonylag gyengén ellátottnak minősült. A talajvíz 13-15 m mélyen helyezkedik el, a termőhely aszályérzékeny. A napraforgó tenyészideje alatt 290 mm csapadékot kapott, a sokéves átlaghoz közel, igen száraz volt viszont a május és a július. Főbb megállapítások, eredmények:

- 1.) Betakarítás idején a ha-énti tőszám 34 ezerről 23 ezerre csökkent igazolhatóan a B-terhelés nyomán a K-kontroll parcellákon. A tőszámcsökkenés nagyobb tányérok, ezerkasztömeget és tányéronkénti kasztömeget indukálva terméskiegyenlítődést eredményezett. A K-mal feltöltött parcellákon a B ilyen irányú negatív hatása elmaradt. A kaszat 2,1 t/ha, a szár szintén 2,1 t/ha, a tányér 1,3 t/ha, az összes légszáraz földfeletti biomasza tömege 5,5 t/ha mennyiséget tett ki.
- 2.) A B-trágyázás igazolhatóan növelte a napraforgó szerveinek B-tartalmát, míg a K-trágyázás igazolhatóan vagy tendencia jelleggel mérsékelte. Az aratáskori tányérban halmozódott fel a legtöbb B 69 mg/kg átlagos koncentrációban, mely a szár és a kaszat átlagos B-készletét mintegy 3-szorosan múlta felül. A K-trágyázással a növényben mért K-tartalom érdemben nem módosult.
- 3.) A 4-6 leveles korú gyökérben főként a Na és Fe, hajtásban a N, K, Ca, Mg, aratáskori tányérban a B mellett a Ca és Cu, míg a kaszatban a N, P, Zn, Cu

elemek dúsultak. A szár N, P, Zn, Cu elemekben szegényedett el, melyekben a generatív kaszat dúsult.

- 4.) Az 1 t kaszattermés + a hozzátartozó szár és tányér melléktermés elemtartalma közelítően 46 kg N, 40 kg K (47 kg K<sub>2</sub>O), 16 kg Ca (23 kg CaO), 7 kg P (16 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 7 kg Mg (11 kg MgO) mennyiséget tett ki. Adataink iránymutatóul szolgálhatnak a napraforgó elemigényének becslésekor a szaktanácsadásban.
- 5.) A talajzsaroló, illetve trágyaigényesnek tartott napraforgó trágyaigénye drasztikusan lecsökken kombájn betakarításnál, amennyiben a K, Ca, Mg elemek döntően a táblán maradó melléktermésben találhatóak és el sem kerülnek az adott tábláról.

#### 4.2. Kukorica 1989-ben

##### Bevezetés és irodalmi áttekintés

A kukoricával foglalkozó legújabb hazai agronómiai irodalom gazdag és sokoldalú. A vetésváltás és monokultúra problémáit, ill. a kukorica termésére ható tényezők szerepét és egymásra hatását mint az öntözés, trágyázás, tőszám stb. a közelmúltban *Ruzsányi (1974)*, *Györffy (1975, 1976)*, *Nagy (1995)*, *Németh (1996)* és sokan mások vizsgálták. A szabadföldi műtrágyázási kísérletek eredményei szerint, ami a makroelemeket illeti, a kukorica N és K igényét kell kiemelni. Szinte minden talajon számíthatunk N-hatásokra, valamint a K-mal gyengén vagy közepesen ellátott, főként a laza talajú termőhelyeken K-hatásokra. Különösen megnőhet a trágyaigény a monokultúras termesztésben. A P-hatások viszont általában mérsékeltek, csak a P-szegény talajon jelentkeztek (*Lásztity 1974*, *Sarkadi 1975*, *Kadlicskó és Krisztián 1977*, *Holló 1993*, *Csathó 1997*).

Ami a mikro elemeket illeti, szabatos vizsgálatokkal szinte alig rendelkezünk. Az 1970-es évek közepén tapasztaltuk azonban, hogy a P-ral jól ellátott „feltöltött” meszes talajon, ahol az oldható Zn-készlet egyébként is alacsony és a növényi részek Zn-tartalma a kielégítő ellátottság alsó harmadában található, az őszi búza szerveinek Zn-koncentrációja akár a felére is lecsökkenhet (*Elek és Kádár 1975*). Ugyanebben a szabadföldi kísérletben a Zn-érzékeny kukorica már termésnövekedéssel reagált a P-indukálta Zn-hiányra (*Kádár és Elek 1977*, *Kádár és Lásztity 1979*).

Előző közleményünk átfogóan taglalta a B szerepét és mozgását a talaj-növény rendszerben. Irodalmi áttekintésünk kitért a főbb tápelemek mint a nitrogén, foszfor és a kálium, valamint a talajtulajdonságok növényi B-felvételt befolyásoló szerepére. Megállapítottuk, hogy a B-terheléssel szemben ellenállóbbnak tekinthetők a B-igényes olajnövények, némely pillangósok és kapásnövények, különösen a kötöttebb, meszes, humuszos talajokon. A kálium és a bór elemek közötti kölcsönhatásokat szabadföldön napraforgó kísérletben vizsgáltuk 1988-ban. A mészlepedékes vályog csernozjom talajon kapott első éves eredmények alapján az alábbi főbb megállapításokat tettük (*Kádár 2011*):

- 1.) Betakarítás idején a ha-énti tőszám 34 ezerről 23 ezerre csökkent igazolhatóan a B-terhelés nyomán a K-kontroll parcellákon. A tőszámcsökkenés nagyobb tányérokat, ezerkaszattömeget és tányéronkénti kaszattömeget indukálva terméskiegyeztetést eredményezett. A K-mal feltöltött parcellákon a B ilyen

irányú negatív hatása elmaradt. A kaszat 2,1 t/ha, a szár szintén 2,1 t/ha, a tányér 1,3 t/ha, az összes légszáraz földfeletti biomassa tömege 5,5 t/ha mennyiséget tett ki.

- 2.) A B-trágyázás igazolhatóan növelte a napraforgó szerveinek B-tartalmát, míg a K-trágyázás igazolhatóan vagy tendencia jelleggel mérsékelte. Az aratáskori tányérban halmozódott fel a legtöbb B 69 mg/kg átlagos koncentrációban, mely a szár és a kaszat átlagos B-készletét mintegy 3-szorosan múlta felül. A K-trágyázással a növényben mért K-tartalom érdemben nem módosult.

#### Anyag és módszer

A Pi 3732 kukorica hibrid vetésére 1989. április 25-én került sor kézipuskával 70 x 20 cm kötésben, 6-7 cm mélyen, 40 kg/ha vetőmagnorma felhasználásával. A főbb agrotechnikai műveleteket és megfigyeléseket az 1. táblázat foglalja össze.

1. táblázat: Agrotechnikai műveletek és megfigyelések a kukorica kísérletben, 1989

Műveletek megnevezése	Időpont	Módszertani megjegyzések
1. Őszi műtrágyázás (N, P)	1988.12.17.	Parcellánként kézzel
2. Egyirányú szántás	1988.12.17.	MTZ-80+Lajta eke
3. Szántás elmunkálása	1989.03.10.	MTZ-50+nehéz fogas
4. Tavaszi N-műtrágyázás	1989.03.10.	Parcellánként kézzel
5. Műtrágya bedolgozása	1989.03.10.	MTZ-50+ XT tárcsa
6. Gyomirtó permetezés	1989.04.24.	MTZ-50+Novor+Malorán
7. Vetőágykészítés	1989.04.25.	MTZ-50+XT tárcsa
8. Kézi vetés (Pi 3732)	1989.04.25.	Parcellánként vetőpuskával
9. Bonitálás 4-6 leveles korban	1989.06.07.	Parcellánként 1-5 skálán
10. Növénymitavétel gyökérrel	1989.06.07.	Parcellánként 20-20 db növény
11. Egyelés, kapálás	1989.06.08.	Parcellánként kézzel
12. Bonitálás címerhányáskor	1989.07.27.	Parcellánként 1-5 skálán
13. Levélmintavétel, cső alatti	1989.07.27.	Parcellánként 20-20 db levél
14. Bonitálás aratás előtt	1989.10.16.	Parcellánként 1-5 skálán
15. Tőszámlálás aratás előtt	1989.10.16.	Parcellánként 4 sor x 6 fm = 16,8m <sup>2</sup>
16. Mintakévvétel	1989.10.17.	Parcellánként 10-10 db tő
17. Kézi törés, betakarítás	1989.10.17.	Parcellánként 2,8 x 6 = 16,8 m <sup>2</sup>
18. Mintakévek feldolgozása	1990.01.10.	Parcellánként átlagminták
19. Ezerszemszámlálás	1990.01.11.	Parcellánként 4 x 500 szem
20. Minták őrlése analízisre	1990.01.12.	Parcellánként átlagminták

Megjegyzés: Vetés 5-7 cm mélyre 70 x 20 cm kötésben 20 kg/ha vetőmagnormával

A fejlődő állományt parcellánként bonitáltuk 1-5 skálán 4-6 leveles korban, virágzás kezdetén és betakarításkor. A 4-6 leveles korban parcellánként 20-20 gyökeres növényt vettünk mintaként. A gyökereket alaposan megtisztítottuk a talajtól, portalanítottuk, majd egy gyors csapvizes lemosás után 40-50 °C-on szárítottuk, elválasztva a hajtástól. Virágzás kezdetén parcellánként 20-20 db cső alatti levelet gyűjtöttünk analitikai elemzésre. Betakarításkor parcellánként 20-20

tövet vágunk ki mintakéve gyanánt a fő-és melléktermés tömegének és összetételének megállapítására.

A betakarítást követően parcellánként 20-20 pontból átlagmintákat vettünk a szántott talajrétegből. A talajmintákat szintén 40-50 °C-on szárítottuk, majd homogenizáltuk analízisre előkészítve. A talajok alapvizsgálati jellemzőit *Baranyai et al. (1987)*, illetve a *MÉM NAK (1978)* által ismertetett eljárásokkal vizsgáltuk. Az ammóniumlaktát + ecetsav oldható PK tartalmakat *Egner et al. (1960)*, a humuszt *Tyurin (1937)* módszere szerint határoztuk meg. A N mérése *Kjeldahl (1891)* szerint, míg az NH<sub>4</sub>-acetát + EDTA oldható elemeket *Lakanen és Erviö (1971)* módszerével vizsgáltuk a kísérlet egyes éveiben. A növényeket a hagyományos cc. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + cc. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> roncsolást követően elemeztük a B kivételével. A B vizsgálatát talajban és a növényekben az azomethine-H módszerével végeztük *Sippola és Erviö (1977)*, illetve *Sillanpää (1982)* leírása alapján. Ami a kukorica vízellátottságát illeti, megkísérljük a terület vízforgalmát megbecsülni. Az elővetemény napraforgó a gyökérjárta 1 m réteget kiszárította. Betakarítása 1988. szeptember 23-án történt. A kukorica vetésére 7 hónappal később 1989. április 24-én került sor. A 7 hónap alatt, október és április között, 207 mm eső hullott. Az adott vályogtalaj 1 m rétegének szabadföldi vízkapacitása (VKsz) 310 mm, holtvíztartalma 140 mm (HV), amikor a hervadásponthoz közelít. A hasznosítható vagy diszpomibilis vízkészlet (DV) tehát 160-180 mm körüli lehet *Győri és Ihász (1968)*, illetve *Rajkai (2011)* szerint.

A 7 hó alatt az ugarolt talajra hullott 207 mm esővel a szabadföldi vízkapacitás feltöltődhetett, a hasznosítható vízkészlet pótlódott. A többlet 30-40 mm csapadék a felszínről elfolyhatott, a talajterületről elpárologhatott (talajpárolgás), illetve részben az 1 m alatti rétegbe távozhatott. A kukorica vetését követően még áprilisban 16, májusban 44, júniusban 62, júliusban 65, augusztusban 78, szeptemberben 1 mm, azaz összesen a nem egészen 6 hónapos tenyészidő alatt 266 mm csapadékban részesült a terület. A 180 mm körüli induló talajbani hasznosítható vízkészlet + 266 mm lehulló csapadék 446 mm vízkészletet biztosíthatott a kukorica számára.

Ez a mennyiség többé-kevésbé kielégítheti egy jó közepes termés vízigényét. Természetesen fontos leszögezni, hogy a talajvíz 10-15 m mélyen helyezkedik el és nem befolyásolhatja a növény vízgazdálkodását. Talajvízhatás nincs. A növény átmenetileg vízhiányban szenvedhet azonban akkor is, amikor a vízfelvétel a talajból lassúbb mint a növényi evapotranspiráció. Ilyen extrém száraz, meleg napokon a kukorica levele összesodródik, közönségesen „furulyázik”, jelezve a vízhiányt. A szeptemberi vízhiány gyorsította a kukorica érését és a levelek leszáradását, lehullását. A szeptemberi aszály által okozott terméseszköken mértékét szabatosan a kísérletben nem lehetett megállapítani.

#### Eredmények megvitatása

A 4-6 leveles korú kukorica fejlődését az 1987 őszen kiszórt feltöltő 1-2 t/ha K<sub>2</sub>O adagok a kísérlet átlagában igazolhatóan javították és ezzel részben ellensúlyozták a B-terhelés depresszív hatását. Erre utalnak a bonitálás, a földfeletti hajtás zöld és légszáraz, valamint a gyökér tömegmérés eredményei. Összességében a legnagyobb B-terhelés mintegy 1/3-ával mérsékelte a fiatal kukorica hozamát a hajtásban. A gyökérben a változások mind a B depresszív, mind a K progresszív hatásait tekintve mérsékeltebbek (2. táblázat).

2. táblázat: A K és B trágyázás hatása a 4-6 leveles kukoricára 1989. június 7-én

K <sub>2</sub> O adag kg/ha/1987	B adagok kg/ha 1988 tavaszán				SzD <sub>5</sub> %	Átlag
	0	20	40	60		
Bonitálás (1 = igen gyengén, 5 = igen jól fejlett állomány)						
0	3,7	3,0	3,0	2,3	1,3	3,0
1000	5,0	4,3	4,0	2,7		4,0
2000	4,7	4,7	4,0	3,7		4,2
SzD <sub>5</sub> %	1,6					0,8
Átlag	4,4	4,0	3,7	2,9	0,8	3,8
Zöldtömeg, g/20 hajtás						
0	211	166	170	129	50	169
1000	241	223	200	160		206
2000	252	218	201	189		215
SzD <sub>5</sub> %	59					30
Átlag	235	202	190	159	29	197
Légszáraz tömeg, g/20 hajtás						
0	26	21	21	16	6	21
1000	29	27	24	19		25
2000	30	25	24	22		25
SzD <sub>5</sub> %	7					4
Átlag <sup>24</sup>	28	24	23	19	4	24
Friss gyökértömeg, g/20 db						
0	39	30	31	26	12	31
1000	44	38	37	28		37
2000	42	34	37	37		38
SzD <sub>5</sub> %	13					7
Átlag	41	34	35	30	7	35
Légszáraz gyökértömeg, g/20 db						
0	8,8	8,2	7,8	6,7	2,4	7,9
1000	10,0	8,5	9,2	7,0		8,7
2000	9,7	8,7	8,0	9,3		8,9
SzD <sub>5</sub> %	2,4					1,2
Átlag	9,5	8,4	8,3	7,7	1,4	8,5

Betakarításkor szintén igazolható a B-toxicitás és részben a megnövelt K-ellátás jótékony hatása. A B-túlsúly nyomán a légszáraz szemtömeg átlagosan 1,5 t/ha-ral mérséklődött. A depresszió tükröződik a kukorica termésselemeiben. Csökken a csövenkénti szemszám és szemtömeg, ezzel a területenkénti szemszám, egyidejűleg pedig 1,6-ról 5,6 %-ra emelkedik a meddő csövek mennyisége. Megemlítjük, hogy az átlagos tőszám aratáskor 66 ezer, a morzsolási arány 87 %, az effektivitás 77 % volt. A csutka tömege morzsoláskor a szemtömeg 15 %-át tette ki (3. táblázat).



3. táblázat: A K és B trágyázás hatása a kukorica terméselemeire, 1989.10.17-én

K <sub>2</sub> O adag kg/ha	B adagok kg/ha 1988 tavaszán				SzD <sub>5</sub> %	Átlag
	0	20	40	60		
Légszáraz szem, t/ha						
0	7,29	6,81	6,59	5,72	0,66	6,60
1000	7,86	7,56	6,99	6,23		7,16
2000	7,33	7,41	6,92	6,10		6,94
SzD <sub>5</sub> %		0,70				0,35
Átlag	7,49	7,26	6,83	6,02	0,38	6,90
Légszáraz szár, t/ha						
0	4,31	3,84	4,25	3,18	0,98	3,89
1000	4,84	4,97	4,22	4,20		4,56
2000	4,90	4,69	5,14	3,63		4,59
SzD <sub>5</sub> %		0,98				0,49
Átlag	4,68	4,50	4,54	3,67	0,56	4,35
Ezerszemtömeg, g						
0	273	267	275	259	14	268
1000	304	298	302	283		297
2000	305	305	319	296		306
SzD <sub>5</sub> %		24				12
Átlag	294	290	298	278	8	290
Meddő csövek, %						
Átlag	1,6	2,0	2,5	5,6	3,1	2,9
Szemek száma, db/cső						
Átlag	394	381	352	345	24	368
Szemtömeg, g/cső						
Átlag	116	111	105	97	8	107
Szemszám, db/m <sup>2</sup>						
Átlag	2547	2489	2290	2147	144	2369

A tőszám 66 ezer, morzsolási arány 87 %, effektivitás 77 % átlagosan a kezelésektől függetlenül. A csutka tömege morzsoláskor a szemtömeg 15 %-a volt átlagosan.

A B koncentrációja szennyezetlen talajon és a kísérlet átlagában az alábbi növekvő sort adta: aratáskori szem és szár, 4-6 leveles gyökér és hajtás, virágzáskori levél. Ami a kontrollhoz viszonyított dúsulást illeti: a B átlagosan 3-szorosára dúsult szennyezett talajon az aratáskori szem és szárban, 7-szeresére a virágzáskori levélben, közel 8-szorosára a 4-6 leveles hajtásban. A fiatal gyökerekben pedig csupán 1,8-szorosára. A B-t borát anion formában passzívan, tömegárammal könnyen felveszi a növény és a xilénben a vízárammal a földfeletti szervekbe szállítódik. Terméscsökkenés igazoltan akkor következett be, amikor a B koncentrációja a 4-6 leveles hajtásban elérte a 70-80 mg/kg, illetve a virágzáskori levélben meghaladta a 100 mg/kg határértéket. Az aratáskori szemtermés ekkor 10 feletti, a szár 15-20 körüli mg/kg tartalommal rendelkezett (4. táblázat).

4. táblázat: A K és B trágyázás hatása a kukorica B-tartalmára 1989-ben, mg/kg

K <sub>2</sub> O adag kg/ha/1988	B adagok kg/ha 1988 tavaszán				SzD <sub>5</sub> %	Átlag
	0	20	40	60		
Gyökér 4-6 leveles korban 06.07-én						
0	14	20	27	35		24
1000	25	24	30	37	7	29
2000	19	20	27	32		24
SzD <sub>5</sub> %		8				5
Átlag	19	21	28	35	4	26
Hajtás 4-6 leveles korban 06.07-én						
0	17	47	84	139		72
1000	18	40	74	134	22	66
2000	17	42	70	124		63
SzD <sub>5</sub> %		12				7
Átlag	17	43	76	132	14	67
Virágzáskori levél 07.27-én						
0	25	73	115	168		95
1000	23	56	125	181	26	96
2000	28	52	113	180		93
SzD <sub>5</sub> %		16				9
Átlag	25	60	118	176	18	95
Szár aratáskor 10.17-én						
0	7	16	19	21		16
1000	9	13	14	23	7	15
2000	5	12	22	23		15
SzD <sub>5</sub> %		7				4
Átlag	7	14	18	22	4	15
Szem aratáskor 10.17-én						
0	4	6	13	14		9
1000	3	10	11	15	4	10
2000	7	6	11	17		10
SzD <sub>5</sub> %		4				2
Átlag	5	7	12	15	2	10

A B koncentrációja szennyezetlen talajon és a kísérlet átlagában az alábbi növekvő sort adta: aratáskori szem és szár, 4-6 leveles gyökér és hajtás, virágzáskori levél. Ami a kontrollhoz viszonyított dúsulást illeti: a B átlagosan 3-szorosára dúsult szennyezett talajon az aratáskori szem és szárból, 7-szeresére a virágzáskori levélben, közel 8-szorosára a 4-6 leveles hajtásban. A fiatal gyökerekben pedig csupán 1,8-szorosára. A B-t borát anion formában passzívan, tömegárammal könnyen felveszi a növény és a xilénben a vízárammal a földfeletti szervekbe

szállítódik. Terméscsökkenés igazoltan akkor következett be, amikor a B koncentrációja a 4-6 leveles hajtásban elérte a 70-80 mg/kg, illetve a virágzáskori levélben meghaladta a 100 mg/kg határértéket. Az aratáskori szemtermés ekkor 10 feletti, a szár 15-20 körüli mg/kg tartalommal rendelkezett (4. táblázat).

A 4-6 leveles korú kukorica gyökerében a B-túlsúly igazolhatóan gátolta a N és P beépülését. Ezzel szemben nőtt a Ca és a Na koncentrációja. A N és P felvételének gátlására nem tudunk egzakt magyarázattal szolgálni. A Ca mérsékelt dúsulása a gyökérben visszavezethető a töményedési effektusra amennyiben a gyökér tömege mérséklődött a B-túlsúly nyomán. A Na erőteljes akkumulációjához pedig hozzájárult a bórax, hiszen a B-trágyázás  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$  sóval történt (5. táblázat).

5. táblázat: B-kezelés hatása a 4-6 leveles kukoricagyökér N, Ca, P és Na tartalmára

Elem jele	Mértékegység	B-trágyázás kg/ha 1988 tavaszán				SzD5%	Átlag
		0	20	40	60		
N	%	2,03	1,73	1,73	1,70	0,17	1,80
Ca	%	0,77	0,82	0,88	0,89	0,09	0,84
P	%	0,21	0,17	0,17	0,16	0,02	0,18
Na	mg/kg	230	265	331	385	47	303

A K-trágyázás elsősorban a kukorica vegetatív szerveinek K, Ca és Mg tartalmát befolyásolta. A javuló K-ellátással nőtt a K koncentrációja minden vegetatív növényi részben igazolhatóan. Ezzel párhuzamosan a kation antagonizmus okán mérséklődött a Ca és a Mg beépülése. Amint a 6. táblázatban megfigyelhető, a K-Mg antagonizmus kifejezettebben megnyilvánul. A K-Ca antagonizmus statisztikailag nem is igazolható minden esetben, csak a tendencia követhető nyomon. Az is látható, hogy K-ban a hajtás a leggazdagabb, idő előrehaladtával a K-ban a szövetek szegényednek. A Ca maximumát a gyökér mutatta, majd itt is csökkenés tapasztalható. A Mg esetében a hígulás erőteljesebb.

6. táblázat: A K-szintek hatása a kukorica vegetatív szerveinek K, Ca és Mg tartalmára (Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)

Kukorica szervei	K-trágyázás Kg/ha 1987 őszén			SzD <sub>5</sub> %	Átlag
	0	1000	2000		
K%					
Gyökér	1,50	2,19	2,70	0,22	2,13
Hajtás	2,87	3,08	3,46	0,16	3,14
Levél	2,00	2,41	2,56	0,23	2,32
Szár	1,02	1,44	1,68	0,15	1,38
Ca%					
Gyökér	0,87	0,88	0,78	0,10	0,84
Hajtás	0,78	0,74	0,66	0,05	0,73
Levél	0,60	0,57	0,56	0,06	0,58
Szár	0,42	0,42	0,39	0,06	0,41
Mg%					
Gyökér	0,53	0,38	0,35	0,07	0,42
Hajtás	0,49	0,41	0,37	0,05	0,42
Levél	0,36	0,27	0,25	0,05	0,29
Szár	0,22	0,15	0,14	0,03	0,17

7. táblázat: A kukorica szerveinek átlagos összetétele 1989-ben

Elem jele	Mérték-egység	4-6 leveles korban		Virágzáskori csőalatti levél	Aratás idején	
		gyökér	hajtás		szár	szem
N	%	1,80	4,35	2,91	1,20	1,56
K	%	2,13	3,14	2,32	1,38	0,36
Ca	%	0,84	0,73	0,58	0,41	0,01
Mg	%	0,42	0,42	0,29	0,17	0,10
P	%	0,18	0,41	0,33	0,10	0,32
Na	mg/kg	303	51	44	180	19
Fe	mg/kg	6000	1069	187	182	35
Mn	mg/kg	196	131	122	52	6
B	mg/kg	19	17	25	7	5
Zn	mg/kg	24	20	14	8	13
Cu	mg/kg	12	11	11	7	2

A kukorica vizsgált makro- és mikroelemeinek átlagos összetételéről a 7. táblázat ad áttekintést. A 4-6 leveles korban a mikroelemek egyértelműen a gyökérben dúsultak, míg a N, K, (Mg), P a hajtásban. Aratás idején azt találjuk, hogy a szemtermésben csupán a N, P, Zn elemek koncentrációja haladja meg a szárét. Ezek az elemek tehát a szemképződésben kiemelt jelentőséggel bírhatnak. A Ca ugyanakkor mikroelemként van jelen a magban 100 mg/kg mennyiséget sem érve

el. Ami a kukorica átlagos elemfelvételét, elemforgalmát illeti, a 8. táblázat eredményei szerint a közepes 6,9 t/ha szemtermés + a hozzátartozó 4,4 t/ha szárterméssel 160 kg N, 85 kg K, 18 kg Ca, 26 kg P és 145 kg Mg távozott a tábláról. Szemtermésben találjuk a N és a P nagyobb részét. A 4-6 leveles korban felvett elemek tömege valójában elenyésző az aratáskori mennyiséghez viszonyítva.

8. táblázat: A kukorica növényi részeinek átlagos elemfelvétele 1989-ben

Elem jele	Mértékegység	4-6 leveles korban		Aratás idején		
		Gyökér	Hajtás	Szár	Szem	Együtt
N	kg/ha	0,50	5,05	52	108	160
K	kg/ha	0,60	0,64	60	25	85
Ca	kg/ha	0,24	0,85	18	1	18
Mg	kg/ha	0,12	0,49	7	7	14
P	kg/ha	0,05	0,48	4	22	26
Fe	g/ha	168,0	124,0	792	242	1034
Na	g/ha	8,5	5,9	783	131	914
Mn	g/ha	5,5	15,2	226	41	267
Zn	g/ha	0,5	0,2	30	34	64
B	g/ha	0,7	0,2	35	90	125
Cu	g/ha	0,3	0,1	30	14	44
Légsz.anyag	kg/ha	28	116	4350	6900	11250

Fajlagos: 23 kg N; 12 kg K; 2,6 kg Ca; 2 kg Mg; 3,7 kg P; 150 g Fe; 132 g Na, 39 g Mn, 9 g Zn, 18 g B, 6 g Cu

9. táblázat: A kukorica szerveibe épült elemek %-os megoszlása 1989-ben

Elem jele	4-6 leveles korban		Aratás idején		
	Gyökér	Hajtás	Szár	Szem	Együtt
N	0,3	3,2	33	67	100
K	0,7	4,3	71	29	100
Ca	1,3	4,7	99	1	100
Mg	0,9	3,5	53	47	100
P	0,2	1,8	17	83	100
Fe	16,2	12,0	77	23	100
Na	0,9	0,6	86	14	100
Mn	2,1	5,7	85	15	100
Zn	0,6	0,2	28	72	100
B	0,8	0,3	47	53	100
Cu	0,7	0,2	68	32	100
Légsz.anyag	0,2	1,0	39	61	100

A kukorica fajlagos, azaz 1 t szem + a hozzátartozó melléktermés által felvett elemtartalma a kísérlet átlagában az alábbiak adódott: 23 kg N; 12 kg K; 3,7 kg P; 2,6 kg Ca; 2 kg Mg, 150 g Fe, 132 g Na, 39 g Mn, 18 g B és 6 g Cu. Adataink felhasználhatók a kukorica elemigényének számításakor a szaktanácsadásban (8. táblázat). A kukorica szerveibe épült elemek %-os megoszlása arra utal, hogy a 4-6 leveles hajtás tömege kb. 1 %-át tette ki az aratáskori földfeletti biomasszának, a makroelemek és a Fe, Mn felvétele többszörösen meghaladta a szárazanyag gyarapodását. Aratás idején a szemtermésben találtuk a P 83, Zn 72, N 67 és B 53 %-át (9. táblázat).

**10. táblázat:** A K és B adagolás hatása a talaj összetételére 1989.03.08-án

K <sub>2</sub> O adag kg/ha	Talajmintavétel mélysége, 1989		
	0-20 cm	20-40 cm	40-60 cm
AL-oldható K <sub>2</sub> O, mg/kg			
0	191	95	77
1000	289	92	77
2000	484	110	78
SzD <sub>5%</sub>	157	8	6
Átlag	321	99	77

Az AL-oldható K mennyisége a szántott rétegben 2,5-szeresére nőtt a maximális K-adag hatására. Úgy tűnik a 20-40 cm réteg is némileg gazdagodott, feltehetően a szántás nyomán. A 40-60 cm rétegben dúsulás nem igazolható (10. táblázat).

**10.a. táblázat:** A K és B adagolás hatása a talaj összetételére 1989.03.08-án

B adag kg/ha	Talajmintavétel mélysége, 1989		
	0-20 cm	20-40 cm	40-60 cm
Forróvízoldható B, mg/kg			
0	0,7	0,6	0,6
20	2,2	0,8	0,7
40	3,6	0,9	0,7
60	5,1	1,0	1,0
SzD <sub>5%</sub>	0,5	0,5	0,5
Átlag	2,9	0,8	0,7

A forróvízoldható B a 0-20 cm rétegben mintegy a 7-szeresére dúsult a kísérlet 2. évében a 60 kg/ha B-adag nyomán. A 20-40, illetve 40-60 cm altalajban a dúsulás statisztikailag nem volt bizonyítható (10.a táblázat).

## Összefoglalás

Mészlepedékes csernozjom vályogtalajon, az MTA TAKI Nagyhörcsök Kísérleti Telepén vizsgáltuk a kálium és a bór elemek közötti kölcsönhatásokat 1989-ben, a kísérlet 2. évében kukorica jelzőnövényvel. Alaptrágyázás 100 kg/ha N és 100 kg/ha  $P_2O_5$  volt. A K-szinteket 0, 1000, 2000 kg/ha  $K_2O$  feltöltő adaggal, a B-szinteket 0, 20, 40, 60 kg/ha adaggal állítottuk be 1987 őszén, lucerna elővetemény után. A műtrágyákat pétisó, szuperfoszfát 60 %-os KCl és 11%-os bórax formában alkalmaztuk. Főparcellaként a 3 K-szint, alapparcellaként a 4 B-szint szolgált 12 kezeléssel és 3 ismétlésben, 36 parcellával, osztott parcellás (split-plot) elrendezésben.

A termőhely szántott rétege 5 % körüli  $CaCO_3$ -ot, 3 % humuszt, 20-22 % agyagot tartalmazott. A talaj eredetileg N, Ca, Mg, Mn elemekkel jól, K-mal közepesen, P és Zn elemekkel viszonylag gyengén ellátottnak minősült. A talajvíz 13-15 m mélyen helyezkedik el, a termőhely aszályérzékeny. A kukorica közel 6 hónapos tenézszeideje alatt 266 mm csapadékot kapott, az 1 m talajréteg további 160-180 mm hasznosítható vízkészlettel rendelkezhetett a vetés idején. A szeptember csapadégmentes volt, mely körülmény gyorsította a kukorica érését, leszáradását és terméslimitáló tényezővé vált. Főbb megállapítások, eredmények:

- 1.) A 2 évvel korábban adott 60 kg/ha B-terhelés nyomán átlagosan 1/3-ával csökkent a 4-6 leveles korú kukorica hajtásának, illetve 1,5 t/ha mennyiséggel az aratáskori szem és szár termésének tömege. A B-toxicitást az egyes terméselemek (csővenkénti szemszám és szemtömeg) is tükrözték. A meddő csövek aránya is igazolhatóan nőtt 1,6 %-ról 5,6 %-ra.
- 2.) A B-tartalom átlagosan 3-szorosára dúsult szennyezett talajon az aratáskori szem és szár termésében, 7-szeresére a virágzáskori levélben, illetve közel 8-szorosára a 4-6 leveles hajtásban. Igazolt terméseszköken akkor következett be, amikor a B koncentrációja a 4-6 leveles hajtásban elérte a 70-80 mg/kg, a levélben virágzáskor a 100 mg/kg határértéket. Az aratáskori szem ugyanitt 10 feletti, míg a szár 15-20 mg/kg közötti B-tartalmakat mutatott.
- 3.) A 2 évvel korábban adott 1-2 t/ha  $K_2O$  feltöltés átlagosan 0,5 t/ha szemterméstöbbletet eredményezett ezen a K-mal jó-közepesen ellátott vályogtalajon és részben ellensúlyozta a B-toxicitást. A megnövelt K-ellátás nyomán emelkedett a növényi részek K-tartalma és ezzel párhuzamosan mérséklődött a beépült Ca és Mg kationok mennyisége.
- 4.) A közepes 6,9 t/ha átlagos szemtermés a hozzátartozó 4,4 t/ha szárterméssel 160 kg N, 85 kg K, 18 kg Ca, 26 kg P és 14 kg Mg elemet épített testébe. Adataink iránymutatóul szolgálhatnak a tervezett termés elemigényének számításakor a szaktanácsadásban.
- 5.) Az ammóniumlaktát + ecetsavas oldható AL-K mennyisége 2,5-szeresére nőtt a szántott rétegben a maximális K-feltöltéssel a kísérlet 2. évében. A forróvízoldható B-tartalom ugyanitt közel a 7-szeresére dúsult. A mélyebb 20-40, illetve 40-60 cm rétegekben a dúsulás nem volt igazolható.

#### 4.3. Tavaszi repce 1990-ben

##### Bevezetés és irodalmi áttekintés

A természerezetet befolyásolja az időjárás, mely a trágyahatások irányát és mértékét behatárolhatja. A kontinentális, forró és száraz nyarú tájakon a tenyészidő generatív szakasza lerövidül, az érés gyorsul és a magtermés lecsökken. ÉNy-Európa, ahol az óceáni hatások uralkodnak, fő olajnövénye a repce. A hosszúnappalos növény hűvös, párás nyarú vidékeken díszlik igazán, mert érés idején is vízigényes. Egyaránt igényli a talaj és a levegő nedvességtartalmát. Itt az újabb fajtákkal és agrotechnikával 3-4 t·ha<sup>-1</sup> magtermés érhető el és a legnagyobb olajhozamot biztosítja ha-onként. A szalma + becő tömege a mag 2–3-szorosa (Andersson et al., 1958; Cooke, 1981).

Aszály esetén kényszerérés következik be, a vegetatív részek (gyökér, szár, lomb) mobilizálható tápelemkészlete nem juthat a magba. Ilyenkor csökken a megtermékenyülés is, tehát nemcsak kisebb, hanem kevesebb mag képződik. Itthon más fajtákra van szükség, más agrotechnikát, trágyázást kell folytatnunk, a nyugat-európai tapasztalatok nem vehetők át minden további nélkül. Hazai viszonyaink között például a mag és a melléktermék aránya tágga válik, az alföld jellegű vidékeken a szalma + becő tömege a maghozam 4-6-szorosa is lehet. Ebből adódóan eltérő lesz a növény fajlagos tápelemtartalma, illetve trágyaigénye stb.

Eöri (1986) repce monográfiájában megállapítja, hogy míg a búza és kukorica termésátlagait az elmúlt évtizedekben többszörösére növeltük, a repce termésátlaga stagnált. Véleménye szerint ennek fő oka, hogy „extenzív körülmények között próbáltunk jobb terméseket elérni.” A 2 t·ha<sup>-1</sup> alatti maghozam nem igazán jövedelmező. A sokoldalú hasznosíthatóság azonban mindenképpen indokolja a vetésterület növelését. A repce szerepelhet a zöldtakarmány-keverékekben, legeltethető, másodvetésre alkalmas zöldtrágyának is, karógyökere a talaj szerkezetét javítja, szalmája leszántva a talaj felvehető elemkészletét növeli, olaja keresett és drága, pogácsája fehérjében (és lizinben) gazdag, a kalászosok gépeivel gépesítése megoldott, és kiváló előveteménye a búzának.

A repce kiemelkedő N-igényét már a korai kísérletek kimutatták (Liebscher, 1887; Remy, 1909). A N-adaggal a szárazanyag hozama, illetve a magtermés szinte lineárisan nőhet. A N-bőség ugyan enyhén mérsékelheti az olaj %-át, de az olajhozam a magterméssel javul. Hasonló eredményre jutott a közelmúltban Kanadában Soper (1971), aki tavaszi repcével állított be 23 szabadföldi kísérletet. A talaj 0–60 cm-es rétegének tavaszi NO<sub>3</sub>-N készlete és a N-hatások között jó összefüggést talált. Ahol a talaj nitrogénben nagyon szegény volt, ott 269 kg N·ha<sup>-1</sup> adagig fennállta lineáris pozitív kapcsolat a terméssel.

A repce számára az altalaj minősége is fontos, karógyökere mélyre hatol. A gyökér azonban gyenge felépítésű, a növény könnyen kinyűhető, ezért már kezdetben sok felvehető tápelemet igényel. Mindez igaz a P-ellátás tekintetében is. A P-hiány gátolja a korai fejlődést, kitolódik az érés, a magtermés visszaszorul. A szuperfoszfát – összetételénél fogva – kielégítheti a repce P-, S- és részben Ca-igényét. Ny-Európa művelt talajai foszforral feltöltöttek, az újkori irodalom érdemi P-hatásokról nem tudósít. A jelentős vegetatív tömegbe épült nagymérvű K-felvétel ellenére K-hatások ritkák. A repcét általában kötöttebb mélyrétegű



talajokon termesztik, ahol K-igényét kielégítheti. A felvett kálium döntő része a táblán maradhat az éréskor lehulló lombbal, illetve visszakerül a talajba a leszántott mellékterméssel. Legutóbb *Németh (1987–1988)* foglalta össze részletesen a repce trágyázásával foglalkozó nemzetközi tapasztalatokat.

Magyarországon olajnyerésre döntően az őszi káposztarepcét (*Brassica napus* L. spp. oleifera, forma biennis) termesztjük. A tavaszi változat (forma annua) kevesebbet terem, a mag olajtartalma is mérsékeltebb. Így főként kifagyás esetén jöhet számításba, vagy másodvetésként, illetve ha zöldtrágyanövényként vetjük. Termesztését a szakkönyvek általában nem is ismertetik, tápelemforgalmáról hazai adatokat nem közölnek (*Antal, 1978, 1987; Bocz, 1976; Láng, 1976; Máté és Jánosi, 2002; Máté, 2005*). Az őszi káposztarepce trágyázása terén szerzett kísérleti eredményeinkről korábban számoltunk be (*Kádár et al., 2001a,b*). Jelen munkánk célja a tavaszi repce elemforgalmának bemutatása a K- és B-trágyázással összefüggésben.

#### Anyag és módszer

Az agrotechnikai műveletek és megfigyelések naptári idejéről és módjáról az *1. táblázat* nyújt áttekintést.

*1. táblázat:* Agrotechnikai műveletek és megfigyelések a kísérletben

Műveletek megnevezése	Időpont (év, hó, nap)	Egyéb megjegyzés
1. Őszi műtrágyázás (N, P)	1989. 11. 06.	Parcellánként kézzel
2. Egyirányú szántás	1989. 11. 06.	MTZ-80 + Lajta eke
3. Szántás elmunkálása	1990. 03. 12.	MTZ-50 + nehézfogas
4. Tavaszi N-műtrágyázás	1990. 03. 26.	Parcellánként kézzel
5. Vetőágykészítés	1990. 03. 26.	MTZ-50 + kombinátor
6. Vetés (Fajta: Arista)	1990. 04. 03.	MTZ-50 + PV-7 vetőgép
7. Magtakarás (hengerezés)	1990. 04. 03.	MTZ-50 + simahenger
8. Utak ekézése, gyomirtás	1990. 05. 02.	T4K + kultivátor
9. Bonitálás törőzsás korban	1990. 05. 22.	Parcellánként 1–5 skálán
10. Gyökeres	1990. 05. 22.	Parcellánként 4–4 fm
11. Bonitálás virágzás elején	1990. 06. 29.	Parcellánként 1–5 skálán
12. Levélmintavétel	1990. 06. 29.	Parcellánként 100–100 db levél
13. Bonitálás aratás előtt	1990. 08. 13.	Parcellánként 1–5 skálán
14. Mintakévvétel	1990. 08. 13.	Parcellánként 4–4 fm
15. Magasságmérés	1990. 08. 13.	Parcellánként cm-ben
16. Kombájnolás	1990. 08. 14.	Parcellánként 8×2 = 16 m <sup>2</sup>
17. Talajmintavétel	1990. 08. 20.	Parcellánként 20–20 pontból
18. Mintakéve-feldolgozás	1991. 03. 21.	Parcellánként átlagminták
19. Minták őrlése analízisre	1991. 03. 26.	Parcellánként átlagminták

*Megjegyzés:* Vetés 3–4 cm mélyre 24×5 cm kötésben 10 kg·ha<sup>-1</sup> vetőmagnormával

Az Arista fajtájú repcét 1990. április 3-án vetettük el 3–4 cm mélyre, 24×5 cm

kötésben,  $10 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  vetőmagnormával. A fejlődő állományt bonitáltuk törózsás korban, virágzás elején és aratáskor. Törózsás állapotban kiemeltünk parcellánként 4-4 fm gyökeres hajtást. A gyökereket a talajtól alaposan megtisztítottuk, majd egy gyors csapvizet öblítést követően a hajtást a gyökértől elválasztottuk és a növényi anyagot  $50^\circ\text{C}$ -on szárítottuk. Aratás idején szintén 4-4 fm föld feletti növényi részt mintakéveként kezeltünk, megállapítva a szár, becő és a mag tömegarányát a légszáraz mintákban. A növényi anyagokat ezt követően ősszel analízisre készítettük elő.

A betakarítást követően parcellánként 20–20 pontból átlagmintákat vettünk a szántott talajrétegből. A talajmintákat szintén  $40\text{--}50^\circ\text{C}$ -on szárítottuk, majd homogenizáltuk analízisre előkészítve. A talajok alapvizsgálatai jellemzőit *Baranyai és munkatársai* (1987), illetve a *MÉM NAK* (1978) által ismertített eljárásokkal vizsgáltuk. Az ammóniumlaktát+ecetsav-oldható AL-PK tartalmakat *Egnér és munkatársai* (1960), a humuszt *Tyurin* (1937) módszere szerint határoztuk meg. A nitrogén mérése *Kjeldahl* (1891) szerint, míg az  $\text{NH}_4$ -acetát + EDTA-oldható elemeket *Lakanen és Erviö* (1971) módszerével vizsgáltuk a kísérlet egyes éveiben. A növényeket a hagyományos cc.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  + cc.  $\text{H}_2\text{O}_2$  roncsolást követően elemeztük, a B kivételével. A B vizsgálatát talajban és a növényekben az azomethine-H módszerrel végeztük *Sippola és Erviö* (1977), illetve *Sillanpää* (1982) leírása alapján.

A repce csapadékellátottságát illetően a következőket mondhatjuk el. Az elővetemény kukoricát 1989. október 17-én takarítottuk be, míg a repce vetése 1990. április elején történt. A kukorica kiszárította a talajt, de a vetésig eltelt 5,5 hónap alatt 126 mm eső esett, mely feltölthette a talaj 0–60, illetve 0–80 cm-es rétegének vízkapacitását, részben pótolva a növények számára hasznosítható vízkészletet. Az adott vályogtalaj 1 m-es rétegének szabadföldi vízkapacitása ( $\text{VK}_{\text{sz}}$ ) 310 mm, holt- víztartalma (HV) 140 mm. A hasznosítható vagy diszponibilis vízkészlet (DV) tehát 160–180 mm körüli lehet *Győri és Ihász* (1968), illetve *Rajkai* szóbeli közlése szerint.

A tavaszi repce vetését követően áprilisban 67, májusban 39, júniusban 90, júliusban 45, augusztus elején még 3 mm, azaz a tenyészidő 130 napja alatt összesen 244 mm csapadék hullott. A repce rendelkezésére álló vízkészlet tehát együttesen 370 mm-t érhetett el, s megfelelőnek volt mondható. Az augusztusi szárazság azonban a magképződést akadályozta.

## Eredmények

A bórax egy Na-tartalmú só, így hatása nyomon követhető a repce vegetatív szerveinek Na-tartalmán. A törózsás hajtás Na%-a a 3 évvel korábban adott  $60 \text{ kg B} \cdot \text{ha}^{-1}$  adaggal a 4-szeresére ugrott a káliummal nem trágyázott talajon. A K–Na ionantagonizmus eredményeképpen a káliummal feltöltött talajon ugyanakkor a Na-tartalom 0,89 %-ról 0,38 %-ra csökkent. Az aratáskori szárban és a becőben ezek a kölcsönhatások szintén igazolhatók voltak, de kevésbé látványosak. A magtermésben pedig már nem is jelentkeztek (2. táblázat).

Tendenciájában hasonlóan változott a B-tartalom a növényi részekben. A hajtásban és a szárban átlagosan megkétszereződött a B-tartalom a maximális B-terheléssel. A becőben is 50 % feletti volt a növekedés a kontrollhoz képest. A növekvő K-kínálattal a B-tartalom igazolhatóan mérséklődött (2. táblázat).

2. táblázat: K és B kölcsönhatások a repce Na és B tartalmában, 1990

AL-K <sub>2</sub> O, mg/kg talaj	Forróvíz-oldható B, mg·kg <sup>-1</sup>				SzD <sub>5%</sub>	Átlag
	0,7	2,2	3,6	5,1		
A tavaszi repce vegetatív szerveinek Na-tartalma						
Törőzsás korú hajtás (május 22-én), %						
191	0,22	0,39	0,56	0,89	0,20	0,52
289	0,23	0,40	0,44	0,43		0,38
515	0,27	0,29	0,33	0,38		0,32
SzD <sub>5%</sub>			0,16			0,08
Átlag	0,24	0,36	0,44	0,57	0,12	0,40
Szár aratáskor (aug. 13-án), %						
191	0,41	0,51	0,65	0,79	0,17	0,59
289	0,45	0,55	0,55	0,67		0,55
515	0,46	0,51	0,60	0,50		0,52
SzD <sub>5%</sub>			0,10			0,05
Átlag	0,44	0,52	0,60	0,65	0,08	0,55
Becő aratáskor (aug. 13-án), mg·kg <sup>-1</sup>						
191	442	572	550	626	88	548
289	474	485	507	615		520
515	453	431	561	474		480
SzD <sub>5%</sub>			72			550
Átlag	456	496	539	572	44	516
A tavaszi repce vegetatív szerveinek B-tartalma						
Törőzsás korú hajtás (május 22-én), %						
191	31	41	65	77	20	54
289	34	35	55	77		50
515	28	41	46	56		43
SzD <sub>5%</sub>			12			6
Átlag	31	39	55	70	12	49
Szár aratáskor (aug. 13-án), %						
191	10	13	16	20	7	15
289	10	10	15	17		13
515	7	8	12	14		10
SzD <sub>5%</sub>			5			3
Átlag	9	10	14	17	4	13
Becő aratáskor (aug. 13-án), mg·kg <sup>-1</sup>						
191	52	60	76	89	17	69
289	51	55	68	79		63
515	49	57	66	67		60
SzD <sub>5%</sub>			12			6
Átlag	51	57	70	78	9	64

Tendenciájában hasonlóan változott a B-tartalom a növényi részekben. A hajtásban és a szárban átlagosan megkétszereződött a B-tartalom a maximális B-terheléssel. A becőben is 50 % feletti volt a növekedés a kontrollhoz képest. A növekvő K-kínálattal a B-tartalom igazolhatóan mérséklődött (2. táblázat).

A vegetatív növényi részekben a K-trágyázás hatására jelentősen emelkedett a K-tartalom a Mg-tartalom egyidejű csökkenése mellett. A K–Na és a K–B kölcsönhatásokhoz hasonlóan a K–Mg kapcsolatot is az ionantagonizmus jellemezte. A javuló K-kínálattal a legnagyobb mértékben a törőzsás növény gyökerében, a legkevésbé a betakarításkori szárban csökkent a Mg-tartalom. A K/Mg hányadosa a K- kontrollon mért 8-ról kereken 14-re nőtt a gyökérben, 10-ről 17-re a hajtásban és 16-ról 28-ra az aratáskori szárban a maximális K-trágyázás nyomán. Az extrém K- túlsúly tehát relatív Mg-hiányt indukálhat még egy hasonló karbonátos vályogtalajon is (3. táblázat).

3. táblázat: K-szintek hatása a tavaszi repce K- és Mg-tartalmára 1990-ben

AL-K <sub>2</sub> O, mg·kg <sup>-1</sup>	Törőzsás gyökér		Törőzsás hajtás		Szár aratáskor	
	K %	Mg %	K %	Mg %	K %	Mg %
191	3,24	0,40	4,60	0,44	2,20	0,14
289	3,45	0,31	5,62	0,39	2,60	0,12
515	3,76	0,26	6,18	0,37	2,82	0,10
SzD <sub>5%</sub>	0,30	0,12	0,84	0,04	0,22	0,02
Átlag	3,48	0,32	5,47	0,40	2,54	0,12

A tavaszi repce szerveinek átlagos elemtartalmáról a 4. táblázat nyújt áttekintést. A táblázat adataiból látható, hogy a Fe kivételével a vizsgált makro- és mikro-elemek a föld feletti hajtásban dúsultak. Betakarítás idején a magtermés N, P és Zn elemekben a leggazdagabb, mert ezek kiemelt szerepet játszanak a magképződésben. A szárban elsősorban a K és a Na halmozódott fel. A szár a luxusfelvétel szerve és egyben a tartalék tápelemek tárolója, mint ismeretes. A becő kiemelkedik a K, Mg, Fe, Mn és B elemek nagy koncentrációjával, de Cu-ben is a leggazdagabbnak bizonyult.

A törőzsás hajtás összetétele jól tükrözheti a repce tápláltsági állapotát saját vizsgálataink szerint is (Kádár, 2002). A törőzsás korú, 30–50 cm magas hajtás optimális összetételének tartományait Bergmann (1992) az alábbiakban adja meg: 4–5 % N; 3–5 % K; 1–2 % Ca; 0,35–0,70 % P; 0,25–0,40 % Mg; 30–100 mg·kg<sup>-1</sup> Mn; 30–60 mg·kg<sup>-1</sup> B; 25–70 mg·kg<sup>-1</sup> Zn; 5–12 mg·kg<sup>-1</sup> Cu; a P/Zn arány 50–150 közötti. A 4. táblázatban közölt eredmények szerint, az adott termőhelyen a tavaszi repce kielégítő, illetve jó ellátottsággal rendelkezett a makro elemekben (N, K, Ca, P és Mg), valamint a Mn mikroelemben. A B és a Cu a kielégítő ellátottság alsó határán volt, míg a Zn nem érte el a kielégítő zónát. A relatív, rejtett Zn-hiányra a 191 P/Zn hányados is utalt. A termőhely Zn-hiányos jellegére az őszi repce kísérletünk adatai is rámutattak (Kádár et al., 2001a,b).

**4. táblázat:** A nagyhőrcsöki mészlepedékes csernozjom talajon beállított kísérletben termesztett tavaszi repce szerveinek átlagos elemtartalma 1990-ben

Elem jele, mértékegység		Törőzsás korban		Aratás idején		
		Gyökér	Hajtás	Szár	Becő	Mag
N	%	2,44	4,80	1,82	2,80	4,34
K	%	3,48	5,47	2,54	2,02	1,26
Ca	%	0,71	3,40	0,93	2,21	0,68
Mg	%	0,32	0,40	0,12	0,34	0,30
P	%	0,32	0,42	0,15	0,34	0,82
Na	mg/kg	1420	2420	4450	452	333
Fe	mg/kg	704	498	42	170	153
Mn	mg/kg	39	62	23	60	47
B	mg/kg	30	30	10	50	16
Zn	mg/kg	18	22	7	17	43
Cu	mg/kg	3	5	3	7	6

*Megjegyzés: Bergmann (1992) szerint a 30–50 cm magas törőzsás hajtás optimális elemtartalma a következő: N: 4–5 %; K: 2,8–5,0 %; Ca: 1,0–2,0 %; P: 0,35–0,70 %; Mg: 0,25–0,40 %; Mn: 30–100 mg·kg<sup>-1</sup>; B: 30–60 mg·kg<sup>-1</sup>; Zn: 25–70 mg·kg<sup>-1</sup>; Cu: 5–12 mg·kg<sup>-1</sup>. A P/Zn arány optimuma 50–150 között, a K/Mg arány optimuma 8–15 körüli*

A tavaszi repce ezen a termőhelyen kielégíthette a káliummal és bórral szembeni igényét a trágyázatlan talajon is. A K- és B-kezelések nem befolyásolták bonitálásaink szerint a repce fejlődését, sem a termés tömegét méréseink szerint. Az állomány egységes képet mutatott, betakarítás idején 120 cm volt az átlagos állomány- magasság. A kezelések hatása csak az elemi összetételben tükröződött.

Az 5. táblázatban ezért az átlagos szárazanyag-gyarapodás, valamint az elemfelvétel adatait közöljük. Törőzsás korban a kiemelhető gyökér légszáraz tömege mindössze 80, míg a hajtás 239 kg-ot tett ki hektáronként. Betakarításkor a szár 7,64, a becő 1,94, a mag kereken 1,0 t·ha<sup>-1</sup> tömeget adott. Az összes föld feletti biomassa 10,57 t·ha<sup>-1</sup> mennyiségnek adódott, mely 245 kg K, 236 kg N, 121 kg Ca, 35 kg Na, 26 kg P és 19 kg Mg elemet tartalmazott.

**5. táblázat:** A nagyhőrcsöki mésztepedékes csernozjom talajon beállított kísérletben termesztett tavaszi repce átlagos szárazanyag gyarapodása és elemfelvétele 1990-ben

Elem jele, mértékegység	Törőzsás korban		Aratás idején			
	Gyökér	Hajtás	Szár	Becő	Mag	Együtt
légsz. anyag, kg/ha	80	239	7640	1944	996	10570
N kg/ha	2,0	11,5	139	54	43	236
K kg/ha	2,8	13,1	194	39	12	245
Ca kg/ha	0,6	8,1	71	43	7	121
Mg kg/ha	0,3	0,9	9	7	3	19
P kg/ha	0,3	1,0	11	7	8	26
Na kg/ha	0,1	0,6	34	1	<1	35
Fe g/ha	56	119	321	330	153	804
Mn g/ha	3	15	176	116	47	339
B g/ha	2	7	76	97	16	189
Zn g/ha	1	5	53	33	43	129
Cu g/ha	<1	1	23	14	6	43

*Megjegyzés:* az átlagos légszárazanyag-tartalom a gyökérben 50 %, a hajtásban 10 %, az aratáskori föld feletti mintakévében (biomasszában) 50 %

**6. táblázat:** A tavaszi repce szerveibe épült tápelemek megoszlása az aratáskori %-ában

Elem jele, mértékegység	Törőzsás korban		Aratás idején			
	Gyökér	Hajtás	Szár	Becő	Mag	Együtt
légszáraz anyag	<		7	1	1	100
N	<		5	2	1	100
K			7	1		100
Ca	<		5	3		100
Mg			4	3	1	100
P			4	2	3	100
Na	<		9		<	100
Fe		1	4	4	1	100
Mn			5	3	1	100
B			4	5		100
Zn			4	2	3	100
Cu	<		5	3	1	100

Az aratáskori föld feletti szárazanyag kb. 2 %-át adta a törőzsáskori hajtás, míg a felvett elemek tekintetében általában ennek többszörösét. Az elemfelvétel tehát

ebben a fiatal korban megelőzi a szárazanyag gyarapodását. Az aratáskori biomassza 72 %-át a szár adta, a magtermés csupán 10 %-át. A felvett elemek zömét is a szárban találtuk. A Na 97 %-át, a K 79 %-át a szár akkumulálta. A becő viszont a biomassza 18 tömeg%-ával a B 52 %-át, valamint a Ca, Mg, Mn és Cu 33–36 %-át adta. Összességében megállapítható, hogy a repce elemforgalma óriási. Leszántva zöldtrágyaként a talaj felvehető elemkészletét jelentősen gazdagíthatja, zöldtakarmánnyként betakarítva a talajt jelentősen szegényítheti (6. táblázat).

### Összefoglalás

Mészlepedékes csernozjom vályogtalajon, az MTA TAKI Nagyhörcsők Kísérleti Telepén vizsgáltuk a kálium és a bór elemek közötti kölcsönhatásokat 1990-ben, a kísérlet 3. évében tavaszi repce jelzőnövényt. Az alaptrágyázás hektáronként 100–100 kg N és  $P_2O_5$  volt. A K-szinteket 0, 1000 és 2000  $kg \cdot ha^{-1} K_2O$  feltöltő adaggal, a B-szinteket 0, 20, 40 és 60  $kg \cdot ha^{-1}$  B-adaggal állítottuk be 1987 őszén, lucerna elővetemény után. A műtrágyákat pétisó, szuperfoszfát, 60 %-os KCl és 11 %-os  $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$  bórxax formában alkalmaztuk. Főparcellaként a 3 K-szint, alapparcellaként a 4 B-szint szolgált 12 kezeléssel és 3 ismétlésben, 36 parcellával, osztott parcellás (split-plot) elrendezésben.

A termőhely szántott rétege 5 % körüli  $CaCO_3$ -ot, 3 % humuszt, 20–22 % agyagot tartalmazott. A talaj eredetileg N, Ca, Mg, Mn és B elemekkel kielégítően, káliummal közepesen, P és Zn elemekkel viszonylag gyengén ellátottnak minősül. A talaj- víz 13–15 m mélyen helyezkedik el, a termőhely aszályérzékeny. A tavaszi repce 130 napos tenyészideje alatt 244 mm csapadékot kapott, az 1 m-es talajréteg további 126 mm-re becsült hasznosítható vízkészlettel rendelkezett a repce vetésekor. A 370 mm összes vízkészlet fedezhette a jó–közepes termés vízigényét. Az éréskori, augusztusi szárazság azonban a magképződést akadályozta. A főbb megállapítások:

- A K- és B-kezelések nem befolyásolták a repce fejlődését, illetve termését. Aratás idejére kereken 7,6, 1,9 és 1,0  $t \cdot ha^{-1}$  szár, becő és mag képződött. A törőzsás korú hajtás N-, P-, K-, Ca-, Mg-, Mn-, B- és Cu-koncentrációi az irodalmi optimum tartományban vagy annak közelében voltak a kezeletlen talajon.
- A bórxaxsal végzett B-trágyázás nyomán a tavaszi repce vegetatív szerveinek B-tartalma átlagosan megkétszereződött a kísérlet 3. évében. A K-trágyázás emelte a repce vegetatív szerveinek K-tartalmát, valamint mérsékelte a Ca, Mg és B elemek koncentrációját a fellépő ionantagonizmus nyomán. Különösen a K–Mg antagonizmus volt kifejezett. A K/Mg hányadosa a K-kontroll talajon mért 8-ról kereken 14-re nőtt a gyökérben, 10-ről 17-re a hajtásban, 16-ról 28-ra a szárban.
- Az aratáskori összes föld feletti 10,6  $t \cdot ha^{-1}$  biomassza 245 kg K, 236 kg N, 121 kg Ca, 35 kg Na, 26 kg P és 19 kg Mg elemet akkumulált. Adataink felhasználhatók a tavaszi repce elemigényének becslésekor a szaktanácsadásban.

#### 4.4. Lucerna 1991-1994. években

##### Bevezetés és irodalmi áttekintés

A kálium az esszenciális tápelemek közé tartozik, a növények a nitrogén után a legnagyobb mennyiségben igénylik. A szerves vegyületeknek nem alkotóeleme azonban, így a sejtnedvekből vízzel kioldható, különösen az elhalt fiatal növényi szövetekből. A zöld vegetatív részekben akkumulálódik döntően, kivételt képeznek a fehérjedús magvak. A növények normális növekedéséhez a szövetek nagy K-koncentrációja szükséges. A kálium több mint hatvan enzimreakciót katalizál. Ismert sokoldalú szerepe, kedvező hatása a termésre és a termés minőségét meghatározó beltartalmi anyagokra (mint a cukor, keményítő, cellulóz, vitaminok stb.). A K-bőséggel nő a betegség-ellenállóság, szárazságtűrés stb. (Kádár, 1993).

A bór növényen belüli transzportja, illetve felvétele erősen fajspecifikus. Ugyanazon a talajon fejlődött kalászosok 2–3, kukorica 5, burgonya 14, dohány és lucerna 25, szója 34, mustár 53, répafélék 76 és mák 95 mg·kg<sup>-1</sup> B-tartalommal rendelkeztek (Bergmann, 1979). B-igényesnek minősülnek általában az olajnövények (mint a repce, napraforgó, mák), a pillangósok (lucerna, csillagfürt) és kapások (burgonya, dohány, répafélék). A kétszikűek B-készlete nagyobb, mint az egyszikűeké és kiugró a tejnedvképző máké. A B-igényes növényeknek nagyobb a B-tűrése a B-mérgezéssel szemben. A hiányzó és a túlsúly között gyakran szűk az intervallum. A B-tűrés jobb a karbonátos talajokon, illetve ott, ahol a növények kielégítően ellátottak egyéb tápelemekkel.

A bór – a foszforhoz hasonlóan – cukrokkal szerves komplexeket, észtereket képezhet, elősegítve a szénhidrátok növényen belüli szállítását. A káliumhoz hasonlóan szabályozza a vízháztartást: a transzspirációt vízbőség esetén emeli, vízhiány esetén csökkenti. A B-hiány a K-hiányhoz hasonlóan anyagsere (fehérje- és szénhidrátszintézis) és a vízháztartás, illetve az ionfelvétel zavaraihoz vezethet. Hiányában romlik a minőség (szőlő, gyümölcs, répa, burgonya), lecsökken a cukor- és keményítő-tartalom a növényi szervekben, illetve felhalmozódik az oldható szénhidrátfrakció. Ezzel együtt csökken a betegségrezisztencia. Pl. a napraforgó liszt-harmat vagy rozsda fertőzése B-hiánytünet jele lehet. A kálium és a bór élettani funkciói közötti párhuzamok miatt kiemelt jelentőséggel bírhat a kálium és bór közötti kölcsönhatások (K×B) vizsgálata, az esetleges szinergizmusok és antagonizmusok megismerése.

A stroncium a kalciummal együtt fordul elő a kőzetekben és talajokban, a Ca/Sr arány viszonylag állandó. A kalcium dinamikáját követve, a stroncium felhalmozódhat a csernozjomban és elszegényedhet a kilúgzott podzol talaj szántott rétegében. Növénybeni felvételét részben a tömegáramlás, részben az ioncserés diffúzió határozza meg. Döntő lehet a tápközeg Ca/Sr aránya. A stroncium beépül a szerves vegyületekbe, a szervekbe és túlsúlya esetén a kalciumot kiszoríthatja, helyettesítheti. Az állati és az emberi szervezet esetén ez csontlágyláshoz is vezethet. Környezeti veszélyt a radioaktív <sup>90</sup>Sr izotópja okozhat. Bár a stroncium viszonylag könnyen felvehető a növény számára, könnyen meg is akadályozható a túlzott akkumuláció az antagonista ionokkal, mint a K, Ca, Mg és Na. Kérdés, hogy a stroncium hogyan képes befolyásolni az egyéb kationok és a bór felvehetőségét.

Megemlíthető, hogy jelenlegi tudásunk szerint a stroncium nem minősül



egyértelműen esszenciális tápelemnek. Saját vizsgálataink szerint a tartós szuperfoszfát-trágyázás növeli a talaj oldható Sr-tartalmát és a növényi Sr-felvételt egyaránt. A hazai kóla-foszfát alapú szuperfoszfátok akár 2 % Sr-ot is tartalmazhatnak, így amikor a talajaink P-ellátottságát növeltük, a Sr-ellátottság is megnőtt (Kádár, 1992, 2007).

Mezőföldi mészlepedékes csernozjom vályogtalajon 3 éven át termesztettünk lucernát. A legnagyobb termést a 2. éves állomány adta. Az öregedő szénában (évekkel és a kaszálásokkal) mérséklődött a széna K- és P-, illetve emelkedett a N-, Ca- és Mg-készlete. Így pl. a K-készlet 2,0 %-ról 1,3 %-ra csökkent, míg a Ca- 1,6 %-ról 2,3 %-ra és a Mg-készlet 0,3-ról 0,6 %-ra nőtt a 3. év végére. A P-készlet átlagosan 0,2 %, a N 3–5 % között ingadozott. A 3 év alatt összesen nyert 20–25 t·ha<sup>-1</sup> szénatermással 670–950 kg N, 85–170 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 570–625 kg K<sub>2</sub>O, 530–770 kg CaO és 110–220 kg MgO távozott a tábláról. A fajlagos, 1 t széna előállításához szükséges elemtartalom 33 kg N, 28 kg CaO, 23 kg K<sub>2</sub>O, 8 kg MgO és 4–5 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> mennyiségnek adódott. Megállapítottuk, hogy a lucerna nitrogénje döntően a levegőből származott. Ajánlásunk szerint telepítés előtt gondoskodni kell a talaj megfelelő K-, Ca-, Mg- és P-szolgáltatásáról, amennyiben a lucerna kitűnik igényességével (Csathó és Kádár, 1987, 1989).

Prohászka (1972), illetve Prohászka és Horváth (1970) közlése szerint a Duna–Tisza közeli lepelhomokon 3 éven át termesztett lucerna szénájában az előregedéssel nőtt a Ca- és Mo-, nem változott a Na- és Fe-, illetve csökkent a K-, Mg- és Zn-koncentráció. A szerzők szerint a lucernaszéna Mn- és Zn-tartalmának mérséklődése már a nemkívánatos mértéket meghaladta és a takarmány biológiai értékének romlásához vezethetett. Az első és a harmadik év átlagában a széna összetétele az alábbiak szerint alakult: 1,2–1,7 % Ca; 1,0–0,9 % K; 0,3–0,3 % Na; 0,25–0,22 % Mg; 400–400 mg·kg<sup>-1</sup> Fe; 30–32 mg·kg<sup>-1</sup> Mn; 23–16 mg·kg<sup>-1</sup> Zn; 10–10 mg·kg<sup>-1</sup> Cu és 1–2 mg·kg<sup>-1</sup> Mo. A továbbiakban saját lucernakísérletünk eredményeit ismertetjük.

#### Anyag és módszer

Ami a csapadékelátottságot illeti, a havi és az éves csapadékösszegeket a vizsgált években az 1. táblázatban mutatjuk be. Az elővetemény tavaszi repcét 1990 júniusában takarítottuk be. A lucerna vetésére 9 hónappal később, 1991 áprilisában került sor. Ez idő alatt a jórészt fedetlen talajra mintegy 300 mm eső hullott. Ez a vizsgált vályogtalaj 1 m rétege szabadföldi vízkapacitásának felelhet meg (VK<sub>SZ</sub>). A holtvíztartalom (HV) 140 mm, a hasznosítható vagy diszponibilis vízkészlet (DV) 160 mm mennyiségre tehető. Ez az induló vízkészlet rendelkezésre állhatott a lucerna számára, amennyiben a lehulló csapadék a talajba szivárgott és a párolgástól eltekintünk. A csapadékban leggazdagabb év 1991 volt 522 mm, míg a legszegényebb 1994 volt 370 mm éves csapadékösszegekkel. Az általunk telepen mért 50 éves átlag 536 mm-nek adódott, tehát a vizsgált lucernaévekben átlag alatti volt a csapadékelátás. A tartamkísérlet 1988 és 2004 között folyt, 17 éven át.

1. táblázat: A havi csapadékadatok és évi csapadékösszegek 1991–1994 között, mm (Nagyhörcsök)

Hónap	1990	1991	1992	1993	1994	50 éves átlag
Január	34	17	0	10	37	29
Február	3	17	11	4	10	29
Március	15	21	26	15	13	31
Április	67	20	18	28	51	42
Május	39	59	9	8	35	47
Június	91	22	157	12	17	71
Július	45	99	14	61	22	54
Augusztus	24	93	3	32	81	60
Szeptember	60	17	17	66	37	47
Október	59	91	125	91	46	40
November	48	52	64	103	22	52
December	14	17	29	60	0	40
Összesen	498	522	471	487	370	536

Megjegyzés:  $1 \text{ mm} = 10^3 = 10.000 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$

A lucerna telepítését megelőzően nitrogént nem adtunk ki, csak a  $400 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \cdot \text{ha}^{-1}$  P-adagot a 4 évre. A B- (11,3 %-os  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  bóraxot) és K-trágyázást (60 %-os kálisó formájában) 1990 őszén megismételtük. A vetés Verko fajtával történt 1991. április 11-én 2 cm mélyre, kb.  $150 \text{ db} \cdot \text{fm}^{-1}$ , illetve  $30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  vetőmagnormával gabonasortávra. Az állománybonítálásokat és a kaszálásokat zöldbimbós állapotban végeztük. Egy esetben azonban magfogásra is sor került 1993 szeptemberében. Kaszálásonként és parcellán-ként 15-20 helyről gyűjtött növényi átlagminta anyaga szolgált analitikai célokra. A főbb agrotechnikai műveletek és megfigyelések módját és idejét a 2. táblázat tekinti át.

1992 augusztusában, az utolsó kaszálást követően parcellánként 20-20 pontból átlagmintákat vettünk a szántott talajrétegből. A talajmintákat szintén  $40\text{--}50^\circ\text{C}$ -on szárítottuk, majd homogenizáltuk analízisre előkészítve. A talajok alapvizsgálati jellemzőit Baranyai és munkatársai (1987), illetve a MÉM NAK (1978) által ismertett eljárásokkal vizsgáltuk. Az ammónium-laktát+ecetsav-oldható PK-tartalmakat Egnér és munkatársai (1960), a humuszt Tyurin (1937) módszere szerint határoztuk meg. A nitrogén mérése Kjeldahl (1891) szerint, míg az  $\text{NH}_4$ -acetát+EDTA-oldható elemeket Lakanen és Erviö (1971) módszerével vizsgáltuk a kísérlet egyes éveiben.

A növényeket az MSz 21470-50:1998. sz. szabvány szerint cc.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  + cc.  $\text{H}_2\text{O}_2$  roncsolást követően elemeztük a bór kivételével. A bór vizsgálatát talajban és a növényekben forróvízes kivonatban az azomethine-H reagenssel végeztük Sippola és Erviö (1977), illetve Sillanpää (1982) leírása alapján.

2. táblázat: Főbb agrotechnikai műveletek és megfigyelések a kísérletben

Műveletek megnevezése	Időpontja (Év, hó, nap)	Egyéb megjegyzések
1. Őszi műtrágyázás (K, P, B)	1990. 09. 04.	Parcellánként kézzel
2. Egyirányú szántás	1990. 09. 04.	MTZ-80+Lajta eke
3. Magágykészítés	1991. 03. 26.	MTZ-50+fogas+tárcsa
4. Kombinátorozás	1991. 03. 27.	MTZ-50+kombinátor
5. Vetés (Fajta: Verko)	1991. 04. 11.	MTZ-50+Lajta vetőgép
6. Hengerezés	1991. 04. 11.	MTZ-50+sima henger
7. Bonítálás állományra	1991. 07. 05.	Parcellánként 1–5 skálán
8. 1. kaszálás (T4K+fűkasza)	1991. 07. 05.	Parcellánként $8 \times 1,5 = 12 \text{ m}^2$
9. Bonítálás állományra	1991. 09. 05.	Parcellánként 1–5 skálán
10. 2. kaszálás (T4K+fűkasza)	1991. 09. 05.	Parcellánként $8 \times 1,5 = 12 \text{ m}^2$
11. Növényminták darálása	1991. 10. 10.	Parcellánként átlagminták
1. Sr-trágyázás ( $\text{SrCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$ )	1992. 04. 13.	Felezett parcellánként $67 \text{ kg Sr} \cdot \text{ha}^{-1}$
2. Bonítálás állományra	1992. 05. 25.	Parcellánként 1–5 skálán
3. 1. kaszálás állományra	1992. 05. 25.	Parcellánként $4 \times 2 = 8 \text{ m}^2$
4. Bonítálás állományra	1992. 06. 30.	Parcellánként 1–5 skálán
5. 2. kaszálás (T4K+fűkasza)	1992. 06. 30.	Parcellánként $4 \times 2 = 8 \text{ m}^2$
6. Bonítálás állományra	1992. 08. 14.	Parcellánként 1–5 skálán
7. 3. kaszálás (T4K+fűkasza)	1992. 08. 14.	Parcellánként $4 \times 2 = 8 \text{ m}^2$
8. Talajmintavétel	1992. 08. 20.	Parcellánkénti átlagminták
9. Talajminták darálása	1992. 08. 28.	Parcellánkénti átlagminták
10. Növényminták őrlése	1992. 09. 20.	Parcellánkénti átlagminták
1. Bonítálás állományra	1993. 05. 18.	Parcellánként 1–5 skálán
2. 1. kaszálás (T4K+fűkasza)	1993. 05. 18.	Parcellánként $4 \times 2 = 8 \text{ m}^2$
3. Bonítálás állományra	1993. 09. 21.	Parcellánként 1–5 skálán
4. 2. kaszálás (T4K+fűkasza)	1993. 09. 21.	Parcellánként $4 \times 2 = 8 \text{ m}^2$
5. Maglucerna cséplése, darálás	1993. 11. 26.	Parcellánkénti átlagminták
1. Bonítálás állományra	1994. 05. 24.	Parcellánként 1–5 skálán
2. 1. kaszálás (T4K+fűkasza)	1994. 05. 24.	Parcellánként $4 \times 2 = 8 \text{ m}^2$
3. Bonítálás állományra	1994. 06. 28.	Parcellánként 1–5 skálán
4. 2. kaszálás (T4K+fűkasza)	1994. 06. 28.	Parcellánként $4 \times 2 = 8 \text{ m}^2$
5. Bonítálás állományra	1994. 08. 16.	Parcellánként 1–5 skálán
6. 3. kaszálás (T4K+fűkasza)	1994. 08. 16.	Parcellánként $4 \times 2 = 8 \text{ m}^2$
7. Növényminták őrlése, analízise	1994. 09. 20.	Parcellánkénti átlagminták

#### Kísérleti eredmények

Ezen a káliummal és bórral egyaránt kielégítően ellátott karbonátos talajon trágyahatások a termésben nem jelentkeztek. Az első évben (1991-ben) két kaszálásra került sor  $1,7 + 4,2 = 5,9 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  éves szénahozammal. Az első kaszálás részben gyomirtó

kaszálásnak minősült, ezért csak a termés tömegét határoztuk meg. A széna elemzését nem végeztük el. A második évben három kaszálásra került sor  $3,9 + 3,2 + 0,8 = 7,9$  t·ha<sup>-1</sup> szénahozammal. A második kaszálást szeptember végén végeztük teljes érésben magfogás céljából. Az éves szénahozam mellett 0,1 t·ha<sup>-1</sup> mag képződött. A harmadik évben két kaszálásra került sor  $2,8 + 2,4 = 5,2$  t·ha<sup>-1</sup> szénahozammal. A negyedik éves lucerna is három kaszálást adott a viszonylag száraz év ellenére  $3,9 + 2,7 + 0,8 = 7,4$  t·ha<sup>-1</sup> éves szénahozammal.

A két ízben adott 0, 20, 40 és 60 kg·ha<sup>-1</sup> B-adagok nyomán a szántott réteg forróvíz-oldható B-tartalma 0,7 mg/kg-ról 5,1 mg·kg<sup>-1</sup> értékre, tehát 7-szeresére emelkedett szignifikánsan. Az SzD<sub>5%</sub> értéke 0,3 mg·kg<sup>-1</sup> volt. Amint a 3. táblázatban látható, a lucernaszéna B-tartalma 27–52 mg·kg<sup>-1</sup> között ingadozott B-trágyázás nélkül.

3. táblázat: A talaj B-kínálatának hatása a lucernaszéna B-tartalmára, mg/kg

Mintavétel (év, hó, nap)	A talaj szántott rétegének forróvíz-oldható B-tartalma a B-kezelésekben, mg·kg <sup>-1</sup>				SzD <sub>5%</sub>	Átlag
	0,7	2,2	3,6	5,1		
Széna B-tartalma mg/kg						
1991. 09. 05.	52	67	103	123	11	86
1992. 05. 25.	40	46	53	63	4	50
1992. 06. 30.	39	55	75	94	5	66
1992. 08. 14.	50	56	81	101	10	72
1993. 05. 18.	30	36	56	69	6	48
1993. 09. 21.	27	31	30	35	3	31
1994. 05. 24.	32	37	42	52	6	40
1994. 06. 28.	30	37	48	57	12	43
1994. 08. 16.	33	44	54	56	10	47

Megjegyzés: A szénatermés kaszálásonként 1991-ben  $1,7 + 4,2 = 5,9$  t·ha<sup>-1</sup>; 1992-ben  $3,9 + 3,2 + 0,8 = 7,9$  t·ha<sup>-1</sup>; 1993-ban  $2,8 + 2,4 = 5,2$  t·ha<sup>-1</sup>; 1994-ben  $3,9 + 2,7 + 0,8 = 7,4$  t·ha<sup>-1</sup>. A magtermés 1993-ban 0,1 t·ha<sup>-1</sup> volt.

Irodalmi források szerint (Simkins et al., 1970; Bergmann, 1992). az ún. „kielégítő” ellátottsági tartomány 30–80 mg·kg<sup>-1</sup>. Ezen a karbonátos, káliummal kielégítően ellátott talajon terméscsökkenést még a 100 mg·kg<sup>-1</sup> értéket elérő vagy meghaladó B-tartalom sem okozott. A jelentős, összesen és maximálisan 120 kg·ha<sup>-1</sup> B-terhelés nyomán a széna eredeti B-koncentrációja mindössze megkétszereződött.

A talaj AL-K<sub>2</sub>O-tartalma 191 mg·kg<sup>-1</sup>-ről (kontroll) a 2000, illetve 4000 kg K<sub>2</sub>O·ha<sup>-1</sup> adag nyomán 289, illetve 515 mg·kg<sup>-1</sup> értékre nőtt a kísérlet 5. évében, 1992-ben. A talaj K-ellátottsága befolyásolta a lucernaszéna elemösszetételét. A szénahozam azonban nem változott, az extrém bőséges K-kínálat terméscsökkenést nem okozott. A 4. táblázatban megfigyelhető, hogy a K-kínálattal nőtt a K-, valamint mérséklődött az antagonista Ca-, Mg- és Na-koncentráció a szénában.

4. táblázat: A K-trágyázás hatása a lucernaszéna összetételére

AL-K <sub>2</sub> O mg·kg <sup>-1</sup>	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn
	%			mg·kg <sup>-1</sup>		
1991. szeptember 5-én (2. kaszálás)						
191	2,02	2,21	0,35	1563	120	56
289	2,79	2,08	0,27	550	137	59
515	2,91	2,09	0,27	491	148	66
SzD5%	0,18	0,22	0,03	243	28	5
Átlag	2,57	2,13	0,30	868	135	60
1992. május 25-én (1. kaszálás)						
191	1,88	2,87	0,39	814	68	51
289	2,30	2,47	0,31	182	76	52
515	2,26	2,28	0,27	141	76	48
SzD5%	0,07	0,11	0,02	79	5	3
Átlag	2,15	2,54	0,32	379	73	50
1992. június 30-án (2. kaszálás)						
191	2,00	2,37	0,40	803	73	61
289	2,76	2,09	0,34	202	74	61
515	2,84	1,99	0,34	164	79	58
SzD5%	0,12	0,08	0,02	65	8	3
Átlag	2,53	2,15	0,36	390	75	60
1992. augusztus 14-én (3. kaszálás)						
191	1,09	2,10	0,63	726	283	66
289	1,47	1,96	0,52	234	242	64
515	1,65	1,82	0,47	184	205	57
SzD5%	0,08	0,08	0,05	75	48	5
Átlag	1,40	1,96	0,54	382	243	62

Megjegyzés: Az optimális összetétel *Simkins et al. (1970)* szerint 2,0 - 3,5 % K; 1,8–3,0 % Ca; 0,3–1,0 % Mg; 30–250 mg·kg<sup>-1</sup> Fe; 30–100 mg·kg<sup>-1</sup> Mn

A Fe és Mn mikroelemek tekintetében a változások nem egyértelműek, növekedés és csökkenés egyaránt megfigyelhető. A széna optimális összetétele *Simkins és munkatársai (1970)* szerint 2,0–2,5 % K; 1,8–3,0 % Ca; 0,3–1,0 % Mg; 30–250 mg·kg<sup>-1</sup> Fe, 30–100 mg·kg<sup>-1</sup> Mn zónában lehet. Ebből az optimumtól az őszi 3. kaszálást adó sarjú tért el igen alacsony K-felvételével 1992-ben.

A káliummal nem trágyázott kontrolltalajon a lucerna K-tartalma már 1,0–1,3 % körüli értékre esett a 2. és 3. éves szénákban. A magra hagyott előregedett széna 1993 szeptemberében K-készletének nagyobb részét elvesztette. Úgy tűnik a felvett kálium mintegy 2/3-a kilúgozódott és visszakerült a talajba az 5. táblázat eredményei szerint. Az is megállapítható, hogy az augusztusi 0,8 t·ha<sup>-1</sup> hozamú 3. kaszálást adó sarjú sem 1992-ben, sem 1994-ben nem minősíthető gazdaságilag valódi kaszálásnak. A zöldbimbós állapotú lucernára adott diagnosztikai optimumok erre a fejlődési stádiumra nem alkalmazhatók.

5. táblázat: K-trágyázás hatása a lucerna széna elemösszetételére

AL-K <sub>2</sub> O mg·kg <sup>-1</sup>	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn
	%			mg·kg <sup>-1</sup>		
1993. május 18-án (1. kaszálás)						
191	1,28	2,15	0,35	1180	67	53
289	2,69	1,79	0,26	411	92	49
515	2,91	1,72	0,24	340	90	43
SzD <sub>5%</sub>	0,14	0,08	0,02	83	13	3
Átlag	2,29	1,89	0,29	643	83	48
1993. szeptember 21-én (2. kaszálás, magra hagyva)						
191	0,44	1,88	0,48	814	169	44
289	0,68	1,62	0,31	283	140	42
515	0,74	1,53	0,29	197	121	42
SzD <sub>5%</sub>	0,05	0,11	0,03	70	15	4
Átlag	0,62	1,68	0,36	432	143	43
1994. május 24-én (1. kaszálás)						
191	1,35	1,86	0,33	888	80	45
289	2,25	1,60	0,25	270	76	43
515	2,35	1,49	0,23	221	69	39
SzD <sub>5%</sub>	0,17	0,15	0,04	26	8	4
Átlag	1,98	1,65	0,27	460	75	42
1994. június 28-án (2. kaszálás)						
191	1,16	2,05	0,46	1000	105	48
289	2,07	1,84	0,33	347	93	43
515	2,37	1,71	0,31	220	90	41
SzD <sub>5%</sub>	0,27	0,22	0,02	152	20	6
Átlag	1,87	1,87	0,36	522	96	44
1994. augusztus 16-án (3. kaszálás)						
191	1,01	2,02	0,61	567	251	54
289	1,43	1,82	0,52	309	215	52
515	1,57	1,68	0,49	206	220	46
SzD <sub>5%</sub>	0,10	0,20	0,07	85	56	5
Átlag	1,34	1,84	0,54	361	229	50

Megjegyzés: K-trágyázással általában a széna P-tartalma is tendenciájában vagy igazolhatóan lecsökkent. A magra hagyott előregedett széna K-készletének nagyobb részét elvesztette

6. táblázat: A K és B kezelés hatása a lucernaszéna Cu-tartalmára, 1992 és 1993

Talaj AL-K <sub>2</sub> O, mg·kg <sup>-1</sup>	A talaj szántott rétegének forróvíz-oldható B-tartalma a B-kezelésekben, mg/kg talaj				SzD <sub>5%</sub>	Átlag
	0,7	2,2	3,6	5,1		
1992. május 25-én (1. kaszálás)						
191	6,4	5,9	5,5	5,7	0,5	5,9
289	5,6	5,6	5,3	5,0		5,4
515	5,0	4,8	4,7	4,5		4,8
SzD <sub>5%</sub>		0,4				0,2
Átlag	5,7	5,4	5,2	5,1	0,3	5,3
1992. június 30-án (2. kaszálás)						
191	8,2	8,1	7,5	7,4	0,8	7,8
289	8,0	8,1	7,1	7,2		7,6
515	7,4	7,3	7,1	6,9		7,2
SzD <sub>5%</sub>		0,8				0,4
Átlag	7,9	7,8	7,2	7,2	0,5	7,5
1992. augusztus 14-én (3. kaszálás)						
191	6,7	6,1	6,5	6,6	0,6	6,5
289	6,4	6,5	5,8	5,9		6,2
515	6,2	6,0	5,8	5,9		6,0
SzD <sub>5%</sub>		0,6				0,3
Átlag	6,4	6,2	6,0	6,1	0,3	6,2
1993. május 18-án (1. kaszálás)						
191	7,1	6,4	6,4	6,2	0,4	6,5
289	6,3	5,9	5,5	5,4		5,8
515	6,1	5,7	5,4	5,4		5,7
SzD <sub>5%</sub>		0,4				
Átlag	6,5	6,0	5,7	5,7	0,2	6,0
1993. szeptember 21-én (2. kaszálás, magra hagyva)						
191	5,8	6,0	5,6	5,8	0,8	5,8
289	4,9	4,6	4,5	4,5		4,6
515	4,0	4,1	3,4	3,2		3,7
SzD <sub>5%</sub>		0,7				
Átlag	4,9	4,9	4,5	4,5	0,4	4,7

Megjegyzés: 1994-ben a lucerna Cu-tartalmát csak a K-szintek mérsékeltek igazolhatóan, míg 1991-ben a Cu-tartalom nem módosult a kezelések hatására. Az optimális Cu-tartalom Bergmann (1992) szerint 6–15, míg Simkins et al. (1970) 10–30 mg·kg<sup>-1</sup> értéket ad meg

Ami a növekvő K-ellátottság hatását illeti, a széna Ca-, Mg-, Na-, Fe- és Mn-koncentrációja a 2. és 3. éves szénában, ugyanaz elmondható, mint a 4. táblázat kapcsán. A kálium antagonista befolyása leginkább a nátrium esetében kifejezett, ahol a csökkenés akár az eredeti tartalom 80 %-át is elérheti. Ezt követi a magnézium, majd mérsékeltebben a kalcium. A Fe-tartalom változása az 1993. és 1994. években sem volt egyértelmű. A mangán viszont tendenciájában vagy igazolhatóan mérséklődött a növekvő K-kínálattal.

A K- és a B-kezelések együttesen gátolták a lucerna Cu-felvételét 1992-ben és 1993-ban. A jelenség az 1. és a 4. éves lucernában viszont nem volt igazolható. Az optimális Cu-tartalom *Bergmann (1992)* szerint a 6–15, míg *Simkins és munkatársai (1970)* szerint a 10–30 mg·kg<sup>-1</sup> tartományban van. Kísérletünk Cu-hiányos lehet, amennyiben a trágyázatlan talajon mért 6–8 mg·kg<sup>-1</sup> érték 3–7 mg·kg<sup>-1</sup> közé esik vissza az együttes K×B trágyázás nyomán. A Cu-tartalom csökkenése maximum 20–30 % a kaszálások átlagában, de az előregedő magra hagyott szénában 1993 szeptemberében 45 %-os (6. táblázat).

7. táblázat: A K és Sr kezelések hatása a lucernaszéna Sr-tartalmára, mg/kg

Talaj AL-K <sub>2</sub> O mg/kg	1. kaszálás			2. kaszálás		
	Sr <sub>0</sub>	Sr <sub>1</sub>	Átlag	Sr <sub>0</sub>	Sr <sub>1</sub>	Átlag
1992-ben						
191	110	158	134	91	163	127
289	103	156	129	81	122	102
515	94	131	112	72	115	94
SzD5%	7	13	9	8	17	9
Átlag	102	148	125	82	133	107
1993-ban						
191	82	110	96	108	118	113
289	80	103	92	94	108	101
515	70	90	80	92	102	97
SzD5%	6	8	5	7	9	9
Átlag	77	101	89	98	110	104
1994-ben						
191	74	139	107	92	133	112
289	65	123	94	77	118	97
515	65	113	89	77	115	96
SzD5%	6	8	8	6	9	3
Átlag	68	125	97	82	122	102

Megjegyzés: A B-kezelés a Sr-tartalmakat nem befolyásolta

A 67 kg·ha<sup>-1</sup> Sr-trágyázás a 3 év átlagában és az 1. kaszálások szénájában több mint 50 %-kal, a 2. kaszálás szénájában 40 %-kal növelte a Sr-tartalmat. A 3. kaszálású sarjában a növekedés csak trendjelleggel nyilvánult meg. Megfigyelhető a K-Sr kation antagonizmus jelensége. A növekvő K-ellátottsággal különösen a



stronciummal kezelt parcellák Sr-koncentrációja esett vissza. A 3. kaszálású éretlen sarjű- szénában a K-Sr antagonizmus kevésbé volt kifejezett, ezért közlésétől eltekintünk a 7. táblázatban.

A lucerna átlagos összetétele 1991-ben a 2. kaszálás idején a 8. táblázatban tekinthető át. A becsült éves felvételnél feltettük, hogy az első és a második kaszálású széna ( $1,7 + 4,2 = 5,9 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) azonos elemkészlettel rendelkezett. Az így kapott felvétel 168 kg N, 151 kg K, 125 kg Ca, 18 kg Mg és 14 kg P, valamint 5 kg Na mennyiségnek felelt meg hektáronként. Ami a mikroelemeket illeti, a Fe 796 g, Mn 353 g, B 306 g (a maximális B-terhelésű parcellákon 660 g), a Zn és a Cu 48-48 g mennyiségnek adódott hektáronként.

8. táblázat: A lucerna átlagos elemtartalma és elemfelvétele 1991-ben

Elem jele	Mértékegység	2. kaszálás 4,2 t/ha	Mértékegység	2. kaszálás 4,2 t/ha	Becsült éves felvétel (1.+2. kaszálás*)
N	%	2,86	kg/ha	120	168
K	%	2,57	kg/ha	108	151
Ca	%	2,13	kg/ha	89	125
Mg	%	0,30	kg/ha	13	18
P	%	0,23	kg/ha	10	14
Na	mg/kg	868	kg/ha	3637	5113
Fe	mg/kg	135	kg/ha	566	796
Mn	mg/kg	60	kg/ha	251	353
B	mg/kg	52	kg/ha	218	306
Zn	mg/kg	8	kg/ha	34	48
Cu	mg/kg	8	kg/ha	34	48

Megjegyzés: \*A becsült éves felvételnél feltettük, hogy az első és a második kaszálású széna ( $1,7$  és  $4,2 = 5,9 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) azonos elemkészlettel rendelkezett. A maximális B-terhelésű parcellákon az így becsült „összes” B-felvétel  $660 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$  mennyiséget érhet el

A 2. éves lucerna bizonyult tápelemekben a leggazdagabbnak és ugyanakkor a legnagyobb szénatermést is adta. Ebből adódóan a hektáronkénti növényi felvétel maximumát is általában ebben az évben kaptuk. A N 319 kg, K 176 kg, Ca 184 kg, Mg 28 kg, S 31 kg és P 22 kg szénába beépült mennyiséget mutatott hektáronként. A Na viszont csak  $31 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  volt, kevesebb, mint az első évben. Némileg a Fe is kevesebbnek adódott az 1. évhez képest. Ami az egyéb vizsgált elemeket illeti, a Sr 924, a Mn 437, a B 321, a Zn 129, az Al 182, a Ba 85, a Cu 51 és a Ni kereken 11 g értéket tett ki ha-ra számolva. Amint a 9. táblázatban látható, 1993-ban a hektáronkénti elemfelvétel általában a felét sem érte el az 1992-ben mértnek.

9. táblázat: A lucernaszéna átlagos elemtartalma és elemfelvétele

Elem jele	Mérték-egység	Kaszálás 1992-ben			Kaszálás 1993-ban		
		1. 3,9 t/ha	2. 3,2 t/ha	3. 0,8 t/ha	1. 2,8 t/ha	2. 2,3 t/ha	Magtermés 0,1 t/ha
Átlagos összetétel							
N	%	3,71	4,78	2,64	2,94	1,94	5,00
K	%	2,15	2,53	1,40	2,29	0,62	1,07
Ca	%	2,54	2,15	1,96	1,89	1,68	0,21
Mg	%	0,32	0,36	0,54	0,29	0,36	0,26
S	%	0,35	0,44	0,36	0,26	0,13	0,27
P	%	0,24	0,35	0,21	0,26	0,19	1,04
Na	mg/kg	379	390	382	643	432	39
Sr	mg/kg	125	107	117	89	104	12
Fe	mg/kg	73	75	243	83	143	111
Mn	mg/kg	50	60	62	48	43	26
B	mg/kg	40	39	50	30	27	10
Zn	mg/kg	14	20	12	12	8	37
Al	mg/kg	14	9	123	33	93	10
Ba	mg/kg	12	9	11	9	8	2
Cu	mg/kg	5	8	6	6	5	10
Ni	mg/kg	1,94	0,85	0,62	0,36	0,59	2,48
NO <sub>3</sub> -N	mg/kg	0,39	0,81	0,23	0,61	0,17	<0,10
Átlagos elemfelvétel							
N	kg/ha	145	153	21	83,5	45,0	5,0
K	kg/ha	84	81	11	65,0	14,4	1,1
Ca	kg/ha	99	69	16	53,7	39,0	<0,1
Mg	kg/ha	12	12	4	8,2	8,4	<0,1
S	kg/ha	14	14	3	7,4	3,0	<0,1
P	kg/ha	9	11	2	7,4	4,4	0,1
Na	g/ha	1478	1248	306	1826	1022	3,9
Sr	g/ha	488	342	94	253	241	1,2
Fe	g/ha	285	240	194	236	332	11,1
Mn	g/ha	195	192	50	136	100	2,6
B	g/ha	156	125	40	85	63	1,0
Zn	g/ha	55	64	10	34	19	3,7
Al	g/ha	55	29	98	94	216	1,0
Ba	g/ha	47	29	9	26	19	0,0
Cu	g/ha	20	26	5	17	12	1,0
Ni	g/ha	7,6	2,7	0,5	1,0	1,4	0,2
NO <sub>3</sub> -N	g/ha	1,5	2,6	0,2	1,7	0,4	<0,1

Megjegyzés: Az As és Hg 0,5 mg·kg<sup>-1</sup>, a Mo, Se, Cr, Co és Cd általában a 0,1 mg·kg<sup>-1</sup> mérőhatár alatt. Ezen elemek felvett mennyisége g·ha<sup>-1</sup> körül vagy alatt lehet

10. táblázat: A lucerna elemtartalma és elemfelvétele kaszálásonként 1994-ben

Elem jele	Mérték-Egység	1. kaszálás 3,9 t/ha	2. kaszálás 2,7 t/ha	3. kaszálás 0,8 t/ha	Összesen 7,4 t/ha
Átlagos összetétel					
N	%	-	-	-	-
K	%	1,98	1,87	1,34	1,73
Ca	%	1,65	1,87	1,84	1,79
Mg	%	0,27	0,36	0,54	0,39
S	%	0,23	0,32	0,33	0,29
P	%	0,29	0,27	0,29	0,28
Na	mg/kg	460	522	361	448
Sr	mg/kg	68	102	103	91
Fe	mg/kg	75	96	229	133
Mn	mg/kg	42	44	50	45
B	mg/kg	32	30	33	32
Zn	mg/kg	12	15	15	14
Al	mg/kg	28	36	206	90
Ba	mg/kg	8	10	9	9
Cu	mg/kg	6	7	7	7
Ni	mg/kg	0,11	0,24	1,02	0,46
NO <sub>3</sub> -N	mg/kg	-	-	-	-
Átlagos elemfelvétel					
N	kg/ha	-	-	-	-
K	kg/ha	77	51	11	138
Ca	kg/ha	64	51	15	130
Mg	kg/ha	11	10	4	25
S	kg/ha	9	9	3	20
P	kg/ha	11	7	2	21
Na	g/ha	1794	1409	289	3492
Sr	g/ha	265	275	82	622
Fe	g/ha	292	259	183	734
Mn	g/ha	164	119	40	323
B	g/ha	125	81	26	232
Zn	g/ha	47	40	12	99
Al	g/ha	109	97	165	371
Ba	g/ha	31	27	7	65
Cu	g/ha	23	19	6	48
Ni	g/ha	0,43	0,65	0,82	1,9

Megemlítjük, hogy az As és a Hg koncentrációja 0,5 mg·kg<sup>-1</sup>; a Mo, Se, Co és Cd a 0,1 mg·kg<sup>-1</sup> mérés határ alatt maradt a szénában. Feltehető, hogy a betakarított szénába épült felsorolt elemek mennyisége nem érte el a g·ha<sup>-1</sup> tömeget. A 4. éves lucernaszéna elemösszetétele átlagosan 10–30 %-kal elmaradt az előző években mért értékektől, tehát hígult. A lucerna 1994. évben összesen 140 kg N-, 138 kg K-, 130 kg Ca-, 24 kg

Mg-, 20 kg S-, 21 kg P-, 3 kg Na-, 734 g Fe-, 622 g Sr-, 371 g Al-, 323 g Mn-, 232 g B-, 99 g Zn-, 65 g Ba-, 48 g Cu- és 2 g Ni-felvételt mutatott. A 4 év alatt  $26,4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  légszáraz széna termett. A felvett N összesen 756 kg-ot, a K 545 kg-ot ( $654 \text{ kg K}_2\text{O}$ ), a Ca 532 kg-ot és a P 69 kg-ot ( $158 \text{ kg P}_2\text{O}_5$ ) tett ki. A lucernatermesztés gyorsan elszegényítheti a talajt elsősorban káliumban. Mivel a Ca-felvétel hasonló méretű, a mészben szegényebb talajokat kalciumban is. A felvett nitrogén nagy része viszont a levegőből származik. A visszamaradó, nitrogénben gazdag gyökérmарadványok a talaj hozzáférhető N-tartalmát növelik, a következő növény N-trágya iránti igényét csökkentik.

Az 1 t széna fajlagos átlagos elemigénye 1991–1994 között az alábbiak szerint alakult: N 20–40 kg, K és Ca 18–22 kg, Mg és S 3–4 kg, P 2–3 kg ( $5\text{--}7 \text{ kg P}_2\text{O}_5$ ). Az alacsony fajlagosok általában az 1994. évet, a nagyobb fajlagosok az 1992. évet képviselik. Adataink iránymutatónak szolgálhatnak a tervezett termés K-, Ca-, Mg-, S- és P-igényének becslésekor. A mikroelemek terén a fajlagos tartalmak ingadozása az alábbi volt a vizsgált 4 év alatt: Na 400–500 g, Fe és Sr 80–120 g, Mn 40–60 g, B és Al 20–50 g, Zn 12–16 g, Ba 8–10 g, Cu 5–20 g, Ni 0,3–1,4 g. A Zn és Cu fajlagosok tükrözik az adott termőhely gyenge Zn- és Cu-ellátottságát, amelyek nem felelnek meg az optimális tartalomnak (10. táblázat).

## Összefoglalás

Mészlepedékes csernozjom vályogtalajon, az MTA TAKI Nagyhörcsök Kísérleti Telepén (Mezőföldön) vizsgáltuk a kálium, bór és stroncium elemek közötti kölcsönhatásokat 1991 és 1994 között lucernában. A lucerna telepítése előtt  $400 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \cdot \text{ha}^{-1}$  alaptrágyát adtunk szuperfoszfát formájában. A K-szinteket megismételt 0, 1000 és 2000  $\text{K}_2\text{O}$ -, a B-szinteket megismételt 0, 20, 40 és 60  $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  B-, a Sr-szinteket 67  $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  Sr-adaggal állítottuk be. Műtrágyaként 60 %-os kálisót, 11 %-os bóraxot és 33 %-os  $\text{SrCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$  sót alkalmaztunk. Főparcellánként 3 K-kezelés, alparcellánként 4 B-kezelés, al-alparcellánként 2 Sr-kezelés szolgált:  $24 \text{ kezelés} \times 3 \text{ ismétlés} = 72$  parcellával osztott parcellás elrendezésben.

A kísérlet beállításakor 1987 őszén a szántott réteg 5 %  $\text{CaCO}_3$ -ot, 3 % humuszt 20 % agyagot tartalmazott. A  $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$  7,8; a  $\text{pH}(\text{KCl})$  7,3; az AL- $\text{K}_2\text{O}$  180–200, az AL- $\text{P}_2\text{O}_5$  100–120, a KCl-oldható Mg 110–150, a KCl+EDTA-oldható Mn 60–80, a Cu és Zn 1–2, valamint a B  $0,7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  értékkel volt jellemezhető. A termőhely kielégítő K-, Ca- és Mg-, közepes N- és P-, valamint gyenge Zn- és Cu-ellátottságú. A talajvíz szintje 13–15 m mélyen található, a terület aszályérzékeny. Az átlagos középhőmérséklet  $11^\circ\text{C}$ , az éves csapadékösszeg 400–600 mm közötti egyenetlen eloszlással. A főbb megállapítások, levonható tanulságok:

- Ezen a káliummal és bórral egyaránt kielégítően ellátott karbonátos vályogtalajon trágyahatások a termésben nem jelentkeztek. Az extrém nagy, ismételt  $2000 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$   $\text{K}_2\text{O}$ -, illetve  $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  B-adagok sem okoztak terméseszkkenést. A talaj AL-  $\text{K}_2\text{O}$  tartalma a kontrollon mért  $191 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ -ről  $515 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ -ra, a forróvíz-oldható B-tartalma  $0,7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ -ről  $5,1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ -ra nőtt a maximális adagokkal.
- A lucerna B-tartalma  $30\text{--}50 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ -ről ugyanitt  $50\text{--}120 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ -ra nőtt. A K-trágyázással emelkedett a széna K-, valamint visszaesett Na-, Mg-, Ca- és Cu- koncentrációja. A széna Cu-tartalmát a B-trágyázás is igazolhatóan

mérsékelte, növelve a lucerna látens Cu-hiányát, 3 mg·kg<sup>-1</sup> körüli Cu-tartalmat eredményezve a szénában.

- A 2. éves lucerna volt a leggazdagabb a N, K, Ca, Mg, S és P makroelemekben és a legnagyobb szénatermést adta. Ebből adódóan a maximális elemfelvételt mutatta 319 kg N, 176 kg K (211 kg K<sub>2</sub>O), 184 kg Ca, 31 kg S, 28 kg Mg és 22 kg P (50 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) hektáronkénti mennyiséggel.
- A 4 év alatt 26,4 t·ha<sup>-1</sup> széna termett, melybe 756 kg N, 654 kg K<sub>2</sub>O és 158 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> épült be. A lucernatermesztés gyorsan elszegényítheti a talajt, főként káliumban. Mészben szegény talajokat kalciumban is, mivel a Ca-felvétel hasonló mértékű lehet. A felvett nitrogén nagyobb része viszont a levegőből származik. A visszamaradó, nitrogénben gazdag gyökérmaradványok a talaj N-szolgáltatását növelik, a következő növény N-trágyaszükségletét mérséklék.
- Az 1 t széna képződéséhez szükséges átlagos fajlagos elemigény 1991 és 1994 között ezen a talajon 20–40 kg N, 18–22 kg K és Ca, 3–4 kg Mg és S, 2–3 kg P (5–7 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) volt. Adataink iránymutatóul szolgálhatnak a tervezett termés K-, Ca-, Mg-, P- és S-igényének számításakor. A fajlagos mikroelem-tartalmak szórása az alábbiak adódott: 400–500 g Na, 80–120 g Fe és Sr, 40–60 g Mn, 20–50 g Al és B, 12–16 g Zn, 8–10 g Ba, 5–20 g Cu és 0,3–1,4 g Ni. A fajlagos Zn és Cu mutatók tükrözik a termőhely gyenge ellátottságát, optimum alattiak.

#### 4.5. Cirok 1995-ben

##### Bevezetés és irodalmi áttekintés

*Jakuskin (1950)* szerint a cirok szárazságtűrése felette áll a kölesnek, magas hőmérsékleten is asszimilál, így helyettesítheti a kukoricát Dél-Oroszország és Közép-Ázsia legforróbb körzeteiben. Mivel későn érkezik, képes az őszi esők csapadékát hasznosítani. A sztyeppéken hő- és szélfogóként szolgál, másodvetésben későn talajba kerülve magot hozhat. Több célra felhasználható: értékes zöldtakarmány, többször használható vagy legeltethető, jól sarjad, bugája seprűkészítésre alkalmas, magja keményítőben gazdag és az árpával egyenértékű, szesz-, keményítő- és sörgyártásra is alkalmas. Rosztov körzetében a legtermőképesebb gabonanövénynek minősül 3 t/ha feletti magterméssel, de Kubányban 5-6 t/ha termést is elértek.

Sajnos a gyakorlatnak is megbízható eligazítást nyújtó kísérleti adatokat alig-alig találunk az irodalomban. E tekintetben a cirok periférikus kultúrának minősül. Nem ismert átfogóan a növény tápelemfelvételi mechanizmusa, fajlagos elemigénye, növénydiagnosztikai optimumai, a talajvizsgálati adatok és a termés, illetve minőség összefüggése stb. Az agrokémiai alapozó kutatás hiányosságai miatt nem érvényesülhet a tudományos igényű szaktanácsadás, mely a racionálisabb termelést segíthetné. Munkánk célja az említett hiányosságok részbeni pótlása és annak vizsgálata, hogy egy tipikus mezőföldi búzatalajon milyen trágyahatásokra számíthatunk? Mennyiben lehet a cirok a kukoricával versenyképes vályog csernozjom talajon egy csapadékos, kukoricára kedvező évben?

Ezen a mészlepedékes csernozjom vályogtalajon, az MTA TAKI Nagyhorcsók Kísérleti Telepén Mezőföldön, egy műtrágyázási kísérlet 19. évében vizsgáltuk az eltérő N, P és K ellátottsági szintek és kombinációik hatását a cirok fejlődésére, gyomosodására, termésére és összetételére az extrém száraz 1992. évben. A

maximális 4 t/ha szemtermést, illetve 9 t/ha földfeletti légszáraz biomasszát a 19 éve N-nel nem trágyázott, gyenge-közepes PK-ellátottságú talajon kaptuk. Hasonló aszályos évben és extenzív viszonyok között a cirok versenyképes lehet a kukoricával, megállapításunk szerint. Különösen akkor, ha a lédús szárat feltakarmányozzuk, vagy egyéb módon hasznosítjuk, illetve ha hazánk éghajlata szárazabbá válik (*Kádár és Radics 2005*).

Megállapítottuk a növényelemzési adatok kapcsán, hogy a 4-6 leveles hajtás vagy a kifejlett bugahányáskori levél optimális ellátottsági tartományát kerekén a 2-3 % N és K; 0,2-0,3 % P, illetve a 7-15 közötti N/P és az 50-150 közötti P/Zn aránya jellemezheti. Az 1 t szem + a hozzátartozó melléktermés fajlagos elemtartalma átlagosan 31 kg N, 14 kg K (16-17 kg K<sub>2</sub>O), 6 kg Ca (8 kg CaO), 3 kg P (6-7 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 3 kg Mg (5 kg MgO) volt. A hazai szaktanácsadásban ajánlott fajlagos P-tartalom 50, a fajlagos K-tartalom 80 %-kal meghaladja a kísérletben mért értékeket (*Kádár 2005*).

Jelen munkánkban, a kísérletünk 4-7. éveiben a KxBxSr trágyázás hatását vizsgáljuk silózható cirok zöld tömegére és elemösszetételére 2005-ben, egy csapadékos évben.

A cirok vetésére 1995. április végén került sor. A vetés 24 cm sortávra történt 3-4 cm mélyen, 20-25 db/fm vetőmaggal és Alföldi 1 fajtaival. A kelést követően gyomirtó kapálást végeztünk májusban, majd június végén parcellánként 20-20 db hajtást, virágzás elején júliusban 20-20 db buga alatti kifejlett levelet gyűjtöttünk be analízis céljából. Silóként október elején takarítottuk be az állományt, előtte 2 x 2 = 4 fm = 1 m<sup>2</sup> területről vettünk mintakéveket tömegmérésre és elemzésre parcellánként. Mintavételeket megelőzően az állományfejlettséget 1-5 skálán kíséreltük meg bonitálni. A kísérletben végzett agrotechnikai műveletekről és módszertani megjegyzésekről az 1. táblázat nyújt áttekintést.

**1. táblázat:** Agrotechnikai műveletek és módszertani megjegyzések a kísérletben

Műveletek megnevezése	Időpont	Módszertani megjegyzések
1. Őszi műtrágyázás (N, P)	1994.09.14.	Parcellánként kézzel
2. Egyirányú szántás	1994.09.14.	MTZ-80+Lajta eke
3. Szántás elmunkálása	1995.03.20.	MTZ-50+tárcsa
4. Tavaszi N-műtrágyázás	1995.04.06.	Parcellánként kézzel
5. Magágykészítés	1995.04.26.	MTZ-50+ tárcsa+simító
6. Vetés (Fajta: Alföldi1)	1995.04.28.	MTZ-50+Lajta vetőgép
7. Gyomirtó kapálás	1995.05.20.	Parcellánként kézzel
8. Bonitálás állományra	1995.06.26.	Parcellánként 1-5 skálán
9. Növénymintavétel	1995.06.26.	Parcellánként 20-20 hajtás
10. Bonitálás virágzás elején	1995.07.18.	Parcellánként 1-5 skálán
11. Levélmintavétel (buga alatti)	1995.07.18.	Parcellánként 20-20 levél
12. Bonitálás aratás előtt	1995.10.11.	Parcellánként 1-5 skálán
13. Mintakévevétel	1995.10.11.	Parcellánként 2 x 2 = 4 fm
14. Mintakévefeldolgozás	1995.11.14.	Parcellánként átlagminták
15. Minták őrlése analízisre	1995.11.25.	Parcellánként átlagminták

Megjegyzés: Vetés 24 cm sortávra 3-4 cm mélyre 20-25 db/fm vetőmaggal

Az elővetemény lucerna kiszárította a talajt, azonban a lucerna betakarítása és a cirok vetése közötti 8 hónap alatt 240 mm esőben részesült a terület, a jórészt fedetlen talaj. A vizsgált vályogtalaj hasznosítható vagy diszponibilis vízkészlete (DV) 160 mm körüli az 1 m rétegben, melyet az esők pótolhattak. Ez az induló vízkészlet a cirok rendelkezésére állhatott 1995-ben, amennyiben a lehullott csapadék döntően a talajba szivárgott és a párolgástól részben eltekintünk. Az 5,5 hónapos tenyészidő alatt összesen még 367 mm csapadék hullott: májusban 74, júniusban 75, júliusban 42, augusztusban 86, szeptemberben 90 mm. A csapadékos őszen az állomány magot nem érlelt, zöld silózható biomassza képződött, mely a viharos idő miatt megdőlt.

#### Kísérleti eredmények

Ezen a káliummal és bórral egyaránt kielégítően ellátott vályogtalajon trágyahatásokat nem kaptunk a terméstömeget illetően. A zöld silózható cirok 1995. október 11-én betakarításkor kereken 19,6 t/ha tömeget adott 40 %-os nedvességtartalommal. A légszáraz biomassza 14 t/ha mennyiséget tett ki. A két ízben adott 0, 20, 40, 60 kg/ha B-adagok nyomán a szántott réteg forróvízoldható B-tartalma 0,7 mg/kg értékről 5,1 mg/kg-ra emelkedett 1992 őszen. Ugyanitt az AL-oldható K<sub>2</sub>O a kontrollon mért 191 mg/kg-ról 515 mg/kg-ra nőtt az összesen 4000 kg/ha K<sub>2</sub>O feltöltő trágyázással. A növekvő B és K kínálata egyaránt a növényi B-koncentráció emelkedését eredményezte. A fiatal hajtásban a B mintegy a 4-szeresére, míg a virágzáskori levélben a 17-szeresére ugrott (2. táblázat).

2. táblázat: A K és B trágyázás hatása a cirok B-tartalmára 1995-ben

AL-K <sub>2</sub> O mg/kg	Forróvíz oldható B, mg/kg				SzD <sub>5</sub> %	Átlag
	0,7	2,2	3,6	5,1		
Cirok hajtás 06.26-án						
191	6	15	15	18	9	13
289	8	14	23	24		17
515	11	18	23	26		19
SzD <sub>5</sub> %		5				3
Átlag	8	16	20	23	5	17
Cirok levél 07. 18-án						
191	15	74	158	174	68	106
289	17	68	148	217		112
515	22	84	190	261		139
SzD <sub>5</sub> %		56				34
Átlag	18	75	165	218	40	119

A K-trágyázás igazolhatóan módosította néhány kation beépülését a fiatal hajtásba és a virágzáskori levélbe. A K és a Ba koncentrációját serkentette, míg a Ca, Mg, Na, Mn, Sr elemek koncentrációit mérsékelte az ionantagonizmus eredményeképpen. *Bergmann (1992)* szerint a cirok virágzás elején vett felső bugaalatti levele jól jellemezheti a növények tápláltsági állapotát. A szerző az alábbi

optimum tartományokat adja meg: 2,8-4,0 N; 2,0-3,0 K; 0,3-0,6 Ca; 0,25-0,50 P; 0,20-0,50 Mg %-ban, valamint 25-150 Mn, 25-70 Zn, 5-15 B, 5-12 Cu és 0,15-0,30 Mo mg/kg szárazanyagban. A megadott optimumok szerint az állomány K, Ca, Mg, Mn és a korábban bemutatott B elemekkel kielégítően ellátott volt (3. táblázat).

3. táblázat: K-terhelés hatása néhány elem tartalmára 1995-ben

AL-K <sub>2</sub> O mg/kg	%			mg/kg				
	K	Ca	Mg	Na	Mn	Zn	Sr	Ba
Cirok hajtása 06.26-án								
191	3,66	0,88	0,43	226	126	47	32	5,0
289	4,74	0,76	0,30	97	114	47	26	6,0
515	4,90	0,74	0,31	73	116	42	26	7,0
SzD <sub>5</sub> %	0,29	0,06	0,03	33	10	5	5	0,8
Átlag	4,43	0,79	0,35	132	119	45	28	6,0
*Cirok levél 07.18-án								
191	1,95	0,89	0,46	97	136	41	29	4,5
289	2,57	0,69	0,27	28	101	29	20	4,8
515	2,77	0,68	0,25	15	109	29	21	5,5
SzD <sub>5</sub> %	0,12	0,03	0,03	20	8	5	5	0,8
Átlag	2,43	0,76	0,33	46	116	33	23	4,9

Bergmann (1992) szerinti optimumok 2,8-4,0 N; 2,0-3,0 K; 0,3-0,6 Ca; 0,25-0,50 P; 0,20-0,50 Mg %-ban, valamint 25-150 Mn, 25-70 Zn, 5-15 B, 5-12 Cu és 0,15-0,30 Mo mg/kg szárazanyagban.

A 4. táblázat adatai szerint a N-ellátottság is megfelelő volt 1995-ben, míg a Zn-ellátottság egyértelműen hiányos állományt, illetve termőhelyet jelzett. A táblázatban az is megfigyelhető, hogy a szárazanyag gyarapodásával, az idő előrehaladtával a növényi elemkoncentrációk mérséklődnek, hígulás lép fel. A 14 t/ha körüli betakarított földfeletti légszáraz biomasszával méréseink szerint 184 kg N, 168 kg K (202 kg K<sub>2</sub>O), 20 kg P (46 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) távozott a talajból átlagosan. Megemlítjük, hogy ebben a viszonylag csapadékos, a kukorica számára kedvező évben, ezen a talajon az OMTK kísérlet műtrágyázott parcelláin 13 t/ha magtermést és 7 t/ha szártermést kaptunk. Ez meghaladta a cirok által produkált légszárazanyag-hozamokat (Kádár és Márton 2007).



**4. táblázat:** A cirok átlagos összetétele a tenyészidő folyamán és elemfelvétele betakarításkor 1995.10.11-én

Elem jele	Mérték-egység	Hajtás 06.26-án	Levél 07.18-án	Zöld biomassza 10.11-én	Mérték-egység	Légsz. anyag 14 t/ha
Elemtartalom				Elemfelvétel		
N	%	3,20	2,60	1,32	kg/ha	184
K	%	4,43	2,43	1,20	kg/ha	168
Ca	%	0,79	0,76	0,26	kg/ha	36
P	%	0,54	0,42	0,14	kg/ha	20
Mg	%	0,35	0,33	0,14	kg/ha	19
S	%	0,26	0,27	0,12	kg/ha	17
Fe	mg/kg	426	195	162	g/ha	227
Al	mg/kg	318	33	32	g/ha	45
Na	mg/kg	132	46	40	g/ha	56
Mn	mg/kg	119	116	64	g/ha	90
Sr	mg/kg	37	23	10	g/ha	14
Zn	mg/kg	26	13	12	g/ha	17
Cu	mg/kg	14	12	7	g/ha	10
B	mg/kg	8	18	6	g/ha	8
Ba	mg/kg	6	5	4	g/ha	6
Ni	mg/kg	1,36	0,92	0,6	g/ha	0,8
Pb	mg/kg	0,56	1,59	0,4	g/ha	0,6
Cr	mg/kg	0,52	0,17	0,1	g/ha	0,1
Cd	mg/kg	0,47	0,15	0,1	g/ha	0,1
Se	mg/kg	0,44	1,26	0,2	g/ha	0,3
Co	mg/kg	0,12	<0,10	<0,1	g/ha	0,1
Mo	mg/kg	0,09	0,35	0,1	g/ha	0,2

Megjegyzés: As és Hg 0,1 mg/kg méréshatár alatt. A zöld silócirok október 11-én 19,6 t/ha biomasszát adott 40 % nedvességtartalommal. A légszáranyaghozam 14 t/ha mennyiséget tett ki.

#### Összefoglalás

Mészlepedékes csernozjom vályogtalajon, az MTA TAKI Nagyhörcsők Kísérleti Telepén Mezőföldön vizsgáltuk a K B, Sr elemek közötti kölcsönhatásokat 2001-2004. között lucernában. Telepítés előtt 400 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> alaptrágyát adtunk szuperfoszfát formájában. A K-szinteket megismételt 0, 1000, 2000 K<sub>2</sub>O, a B-

szinteket megismételt 0, 20, 40, 60 kg/ha B, a Sr-szinteket 67 kg/ha Sr adaggal állítottuk be. Műtrágyaként 60 %-os KCl-ot, 11 %-os bóraxot és 33 %-os  $\text{SrCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$  sót alkalmaztunk. Főparcellánként 3K-kezelés, alparcellánként 4B-kezelés, alalparcellánként 2Sr-kezelés szolgált 24 kezeléssel  $\times$  3 ismétlésben = 72 parcellával osztott parcellás elrendezésben.

A kísérlet beállításakor 1987 őszén a szántott réteg 5 %  $\text{CaCO}_3$ -ot, 3 % humuszt, 20 % agyagot tartalmazott. A pH( $\text{H}_2\text{O}$ ) 7,8; pH(KCl) 7,3; AL- $\text{K}_2\text{O}$  180-200, AL- $\text{P}_2\text{O}_5$  100-120, KCl-oldható Mg 110-150, KCl+EDTA oldható Mn 60-80, Cu és Zn 1-2 mg/kg értékkel volt jellemezhető. A termőhely kielégítő K, Ca, Mg; közepes N és P; valamint gyenge Zn és Cu ellátottságú. A talajvíz szintje 13-15 m mélyen található, a terület aszályérzékeny. Az átlagos középhőmérséklet 11 °C, az éves csapadékösszeg 400-600 mm közötti egyenetlen eloszlással. Főbb megállapítások, levonható tanulságok:

- Ezen a káliummal és bórral egyaránt kielégítően ellátott meszes vályogon trágyahatások a termésben nem jelentkeztek. Az extrém nagy ismételt 2000 kg/ha  $\text{K}_2\text{O}$ , illetve 60 kg/ha B adagok sem okoztak terméseszkökenést. A talaj AL- $\text{K}_2\text{O}$  tartalma a kontrollon mért 191 mg/kg-ról 515 mg/kg-ra, a forróvízoldható B-tartalma 0,7 mg/kg-ról 5,1 mg/kg-ra nőtt a maximális adagokkal.
- A zöld cirok tömege 1995. október 11-én betakarításkor 19,6 t/ha tömeget adott 40 %-os nedvességtartalommal. A légszáraz biomassa 14 t/ha mennyiséget tett ki, míg ebben a kedvező évben a kukorica ugyanitt 20 t/ha légszáraz biomasszát produkált 13 t/ha feletti szemterméssel.
- A K adagokkal nőtt a cirok hajtásának és virágzáskori levelének K és Ba, valamint mérséklődött a Ca, Mg, Na, Mn, Sr elemeinek koncentrációja. A levélanalitikai optimumok alapján az állomány, illetve a termőhely Zn-ellátottsága bizonyult nem kielégítőnek.
- A 14 t/ha légszáraz biomasszába becsléseink szerint 184 kg N, 168 kg K (202 kg  $\text{K}_2\text{O}$ ), 20 kg P (46 kg  $\text{P}_2\text{O}_5$ ), 36 kg Ca (50 kg  $\text{CaO}$ ), 19 kg Mg (32 kg  $\text{MgO}$ ) épült be. A nagyobb tömegű cirok tehát főként N-nel és K-mal szegényítheti el a talajt. Adataink iránymutatóul szolgálhatnak a silócirok elemigényének számításakor a szaktanácsadásban.

#### 4.6. Őszi búza 1996-ban

##### Bevezetés és irodalmi áttekintés

A búza víz- és tápelemigényes. Ma már kevés olyan hely van a Földön, ahol trágyázás nélkül tartósan nagy terméseket kaphatunk. Öntéseken, folyók árterein lehetséges, ahol a természet trágyáz, egyébként utópia a trágyázás nélküli termelés. Persze nem volt ez mindig így. A múlt század első felében a magyar Alföldön a trágyázás még inkább károsnak minősült *Korizmic et al. (1836)*, illetve *Cserháti és Kosutány (1887)* szerint. *Korizmic et al.* a Mezei gazdaság c. könyve Nyári gyakorlatok fejezetében a gyakori buja vetés, a kipállás problémáját érintve így ír: "E baj elhárítása végett tél kezdetén, míg a föld száraz, a buja búzavetést juhokkal szokás legeltetni. Sőt ha a búza tavasszal ismét buján kezd nőlni, a legeltetés még ekkor is jót teszen."

Később *Grábner (1948)* itthon így ír: "Régebben a jól kezelt, vagyis a többször

szántott fekete ugart tartották a búza legjobb előveteményének, mert akkoriban a búza ugarba vetve sikerült a legjobban. Ma már nem tarthatunk ugart, a művelés és a trágyázás feleslegessé teszi.” Az istállótrágyázott ugart egyébként sem javasolja búza alá, mert az megdőlést és erőteljes gyomosodást okoz. A búza előveteményét célszerű trágyázni, ideális esetben egy pillangóst, P- alaptrágyázással. Ha az elővetemény nem pillangós volt vagy az ugar nem kapott istállótrágyát, úgy 20-30 kg/ha N-t javasol P-ral együtt adva, nehogy megdőljön.

Láng (1976) a búza víz-, tápelem- és mészigényességét, valamint a rendszeres műtrágyázás fontosságát hangsúlyozza a talajvizsgálatok, a talaj tápanyag-szolgáltatása figyelembevételével. Részletesebben említi a trágyák terméselemekre gyakorolt hatását. Sarkadi (1975) talajvizsgálati határértékeket állít össze a műtrágyázási szaktanácsadás számára, miközben megkülönbözteti a kalászosok P, illetve a kapások K igényességét. Részletes adatokat közöl a búza fajlagos tápelemigényéről, összetételéről. Elek és Kádár (1980), Kádár (1992) a búza tápláltsági állapotának megítélésére szolgáló növényanalitikai határértéket ellenőrzi a hazai tartamkísérletekben és javaslatot tesz bevezetésükre. Németh (1996) tartamkísérleteivel igazolja, hogy még hazai homoktalajaink egy részén is jelentős N-utóhatásokkal számolhatunk, melyet a szaktanácsadásban a talaj NO<sub>3</sub>-N mérésével figyelembe vehetünk. Csathó (1991, 1997) az 1960-1990. években végzett hazai búza P és K műtrágyázási kísérletek eredményeit összegezve talajvizsgálati határértékeket is javasol a szaktanácsadás számára.

Az Mv-21 fajtájú őszi búza vetésére október 18-án került sor a szokásos módon 12 cm sortávra, 4-6 cm mélyen, 300 kg/ha vetőmag normával. Állománybonítást végeztünk parcellánként bokrosodásban, virágzás elején és aratás előtt. A kombájnolás július 16-án történt parcellakombájnnal. Előtte parcellánként 8 fm = 1 m<sup>2</sup> területről gyűjtöttük be a földfeletti növényi anyagot mintakévéként. A mintakévéket elcsépeztük, mértük a fő- és melléktermés arányát, majd a mintákat analízisre készítettük elő. A kísérletben végzett agrotechnikai műveletekről és módszertani megfigyelésekről a 1. táblázat nyújt áttekintést.

1. táblázat: Agrotechnikai műveletek és módszertani megjegyzések

Műveletek megnevezése	Időpont	Módszertani megjegyzések
1. Őszi műtrágyázás (N, P)	1995.10.16.	Parcellánként kézzel
2. Egyirányú szántás	1995.10.16.	MTZ-80+Lajta eke
3. Szántás elmunkálása	1995.10.16.	MTZ-50+tárcsa
4. Vetőágykészítés	1995.10.17.	MTZ-50+kombinátor
5. Vetés (Mv-21 fajta)	1995.10.18.	MTZ-50+Lajta vetőgép
6. Tavaszi N-műtrágyázás	1996.04.10.	Parcellánként kézzel
7. Bonítálás bokrosodásban	1996.04.12.	Parcellánként 1-5 skálán
8. Bonítálás virágzás elején	1996.05.14.	Parcellánként 1-5 skálán
9. Bonítálás aratás előtt	1996.07.15.	Parcellánként 1-5 skálán
10. Mintakévvétel	1996.07.16.	Parcellánként 4+4 fm = 1 m <sup>2</sup>
11. Kombájnolás	1996.07.16.	Parcellánként 4 x 2,1 = 8,4 m <sup>2</sup>
12. Mintakévek cséplése	1996.09.27.	Parcellánként átlagminták
13. Minták őrlése analízisre	1996.10.15.	Parcellánként átlagminták

Megjegyzés: Vetés 12 cm sortávra 4-6 cm mélyre 300 kg/ha vetőmagnormával

## Kísérleti eredmények

Ezen a káliummal és bórral egyaránt kielégítően ellátott vályogtalajon trágyahatásokat nem kaptunk a terméstméget illetően. A légszáraz szemtermés átlagos tömege aratáskor 3,5 t/ha, míg a szalma tömege 3,0 t/ha volt, tehát 6,5 t/ha földfeletti biomaszra képződött. A K- és a B-trágyázás hatására egyaránt megkétszereződött a szalma B-tartalma, így a kontroll talajon mért 5 mg/kg körüli B-koncentráció a K-mal B-ral egyaránt maximálisan ellátott parcellákon 20 mg/kg-ra ugrott. A szemtermésben hasonló változások történtek a 2. táblázatban bemutatott eredmények szerint.

2. táblázat: A K és B trágyázás hatása a búza szalma és szem B-tartalmára 1996-ban

AL-K <sub>2</sub> O mg/kg	Forróvíz oldható B, mg/kg				SzD <sub>5</sub> %	Átlag
	0,7	2,2	3,6	5,1		
Szalmában, mg/kg						
191	5,2	6,6	7,4	13,5		8,2
289	12,0	9,2	15,4	20,3	7,7	14,2
515	9,3	13,8	19,5	20,1		15,7
SzD <sub>5</sub> %		7,7				3,8
Átlag	8,8	9,9	14,1	18,0	4,4	12,7
Szemben, mg/kg						
191	3,4	6,0	7,8	10,1		6,8
289	4,7	5,1	11,2	16,6	7,2	9,4
515	6,9	14,0	13,9	15,9		12,7
SzD <sub>5</sub> %		7,0				3,5
Átlag	5,0	8,4	11,0	14,2	4,0	9,6

Megjegyzés: talajvizsgálat a kísérlet 5. évében, 1992-ben történt

A bórax egy Na-só, Na-tetraborát Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>·10H<sub>2</sub>O képlettel, a B átlagosan 11 %, a Na 12 % mennyiségben alkotja. A B-trágya a kísérlet első éveiben növelte a kukorica és a repce szerveinek Na-felvételét. Az 1991-94. között termesztett lucernában ez a hatás már nem volt igazolható. A kísérlet 8. évében vizsgált cirok szerveiben is csak a K-szintek Na-tartalmát csökkentő, kationantagonista effektusa követhető nyomon (Kádár 2012, Kádár és Csathó 2012). Amint a 3. táblázatban látható, a B-terheléssel 1996-ban a búzaszem Na-tartalma látványosan csökken és érvényesülni látszik a Sr-Na antagonizmus is.

Ismeretes, hogy a Na rendkívül mozgékony a talaj-növény rendszerben. Gyorsan kimosódhat a feltalajból és a növények is gyorsan felvehetik. A Na geokémiai ciklusa nyitott, a tengervízben halmozódik fel. A B szintén jól oldható, így migrációra hajlamos a talajban. Kevésbé mozgékony azonban mint a Na, vagy egyéb anionformák. A borát-ion elsődleges adszorpciója az Al és Fe oxidok, hidroxidok szabad helyein történik, de nem elhanyagolható a talaj agyag- és humuszanyagaihoz való kötődés sem. A kötöttebb és humuszban gazdag talajokon termő növények

kevesebb B-t vesznek fel azonos B-tartalom, illetve B-terhelés esetén (Wear és Patterson 1962).

3. táblázat: A Sr és B trágyázás hatása a búzaszem Na tartalmára 1996-ban

Sr adag kg/ha	Forróvíz oldható B, mg/kg				SzD <sub>5%</sub>	Átlag
	0,7	2,2	3,6	5,1		
	Na mg/kg					
0	36	36	33	25		32
67	34	21	20	14	16	22
SzD <sub>5%</sub>		15				8
Átlag	35	29	26	20	10	27

\*B-trágyázás: Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub> · 10H<sub>2</sub>O

A fentiek alapján feltételezhető, hogy a mobilis Na már a mélyebb talajrétegekbe mosódott, míg a felsőtalajban jobban megőrződött B (a növényben is felhalmozódva) gátolhatja a Na egyidejű beépülését. A 4. táblázat eredményei szerint a K-trágyázással nőtt a szalma K, illetve csökkent a Mg koncentrációja. A Sr-trágyázás mérsékelten emelte a Sr-tartalmat és csökkentette a felvett Na mennyiségét. Feltűnő, hogy ebben a száraz évben és a kicsi szalmatermésben mennyire feldúsult a kálium. Laza talajokon általában a szalma K-tartalma 1 % alatt marad és még a kötöttebb, K-ban dúsult termőhelyeken sem emelkedik 2 % fölé. Az extrém nagy K-kínálat és a töményedési effektus nyomán kísérletünkben a K 4,22 %-ot ért el.

4. táblázat: A K és Sr kezelések hatása a búza szalma K, Mg és Sr tartalmára, 1996

AL-K <sub>2</sub> O mg/kg	%		Sr adag kg/ha	mg/kg	
	K	Mg		Sr	Na
191	3,01	0,25	0	27	32
289	3,98	0,19	67	36	22
515	4,22	0,18	-	-	-
SzD <sub>5%</sub>	0,48	0,03	SzD <sub>5%</sub>	3	8
Átlag	3,74	0,21	Átlag	32	27

A búza átlagos összetételét a vizsgált elemekre és elemfelvételét az 5. táblázatban foglaltuk össze. Megemlíthető, hogy a felvett K 90 %-át a szalma halmazta fel. A Sr esetén a szalma részesedése a 98 %-ot is meghaladja. Antal (2000) szerint az 1 t szem és a hozzátartozó melléktermés úgynevezett fajlagos elemtartalma 27 kg N, 11 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 18 kg K<sub>2</sub>O, 6 kg CaO, 2 kg MgO. Kísérleti körülményeink között ezek a fajlagosak az alábbiak szerint alakultak 28-12-43-8-5 = N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O-CaO-MgO kg/t. A fajlagos K-tartalom tehát több mint kétszeresen haladja meg az általánosan elfogadottat, így félrevezető lehet a szaktanácsadás számára. Hasonlóképpen a

fajlagos Ca, főként azonban a fajlagos Mg értéke szintén nem javasolható a búza elemigényének becslésében.

5. táblázat: A búza átlagos összetétele és elemfelvétele aratáskor 1996-ban

Elem jele	Mértékegység	Elemtartalom		Mértékegység	Elemfelvétel			Fajlagos kg/t
		Szár	Szem		Szár	Szem	Összes	
N	%	0,70	2,20	kg/ha	21	77	98	28
K	%	3,74	0,38	kg/ha	112	13	125	36
Ca	%	0,73	0,02	kg/ha	22	1	22	6
Mg	%	0,20	0,14	kg/ha	6	5	11	3
P	%	0,09	0,45	kg/ha	3	16	19	5
Na	mg/kg	176	27	g/ha	528	94	622	178
Sr	mg/kg	32	0,7	g/ha	96	2	98	28
B	mg/kg	13	10	g/ha	39	35	74	21

\*Fajlagos tartalom: kg/t főtermés + a hozzátartozó melléktermésre vetítve. K<sub>2</sub>O 43, N 28, CaO 8, MgO 5, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 12 kg/t. Antal (2000): Növénytermesztők Zsebkönyve. Falugazdász könyvek. Mezőgazda Kiadó. Budapest. K<sub>2</sub>O 18, N 27, CaO 6, MgO 2, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 11 kg/t

## Összefoglalás

Mészlepedékes csernozjom vályogtalajon, az MTA TAKI Nagyhörcsök Kísérleti Telepén Mezőföldön vizsgáltuk a K B, Sr elemek közötti kölcsönhatásokat 2001-2004. között lucernában. Telepítés előtt 400 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> alaptrágyát adtunk szuperfoszfát formájában. A K-szinteket megismételt 0, 1000, 2000 K<sub>2</sub>O, a B-szinteket megismételt 0, 20, 40, 60 kg/ha B, a Sr-szinteket 67 kg/ha Sr adaggal állítottuk be. Műtrágyaként 60 %-os KCl-ot, 11 %-os bóraxot és 33 %-os SrCl<sub>2</sub> x 6H<sub>2</sub>O sót alkalmaztunk. Főparcellánként 3K-kezelés, alparcellánként 4B-kezelés, alalparcellánként 2Sr-kezelés szolgált 24 kezeléssel x 3 ismétlésben = 72 parcellával osztott parcellás elrendezésben.

A kísérlet beállításakor 1987 őszén a szántott réteg 5 % CaCO<sub>3</sub>-ot, 3 % humuszt, 20 % agyagot tartalmazott. A pH(H<sub>2</sub>O) 7,8; pH(KCl) 7,3; AL-K<sub>2</sub>O 180-200, AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 100-120, KCl-oldható Mg 110-150, KCl+EDTA oldható Mn 60-80, Cu és Zn 1-2 mg/kg értékkel volt jellemezhető. A termőhely kielégítő K, Ca, Mg; közepes N és P; valamint gyenge Zn és Cu ellátottságú. A talajvíz szintje 13-15 m mélyen található, a terület aszályérzékeny. Az átlagos középhőmérséklet 11 C°, az éves csapadékösszeg 400-600 mm közötti egyenetlen eloszlással. Főbb megállapítások, levonható tanulságok:

- Ezen a káliummal és bórral egyaránt kielégítően ellátott meszes vályogon trágyahatások a termésben nem jelentkeztek. Az elővetemény cirok kiszárította a talajt, a búza 9 hónapos tenyészideje alatt mindössze 234 mm csapadékot kapott. Ebben a száraz évben 3,0 t/ha szalma és 3,5 t/ha szemtömeg képződött átlagosan.
- A szalma és a szem B-tartalmát a B- és a K-trágyázás egyaránt közel 2-szeresére emelte, így a kontrollon mért B-koncentrációk átlagosan 4-szeresére nőttek. A K-trágyázás ezen túlmenően nagyobb K, illetve mérsékeltebb Mg-tartalmakat

eredményezett a szalmában. A Sr-trágyázással enyhén nőtt a szalma Sr, illetve mérséklődött a Na tartalma.

- A kicsi szalmatermés és az extrém nagy K-kínálat nyomán a szalma 4,22 % K-tartalmat halmozott fel. Az 1 t szemtermés és a hozzátartozó melléktermés úgynevezett fajlagos/egységnyi K-tartalma és Mg-tartalma több mint 2-szeresen haladta meg a szokásosat, ezért félrevezető lehet a szaktanácsadás számára.
- A felvett K 90 %-át, illetve a Sr 98 %-át a melléktermés szalma halmozta fel.

#### 4.7. Bab 1997-ben

##### Bevezetés és irodalmi áttekintés

A növény D-Amerikából származik, melegigényes. Nem való a hideg, savanyú és nedves talajokra. Mivel sekélyen gyökerezik és viszonylag rövid a tenyészideje, érzékeny a talaj víz- és tápanyag szolgáltatására. A N-kötés csak a 3. lomblevelés kor után indul be, miután a gyökérzet a N-kötő baktériumokkal fertőződött, ezért starter N-trágyát igényelhet. Kíváncos a megfelelő foszfor és kálium ellátottságának biztosítása. A nagy magvak csírázása és a N-kötő mikroorganizmusok tevékenysége oxigént igényel. A gyomnövelő jellegre tekintettel a jól szellőző talajon is előnyös a többszöri kapálás vagy kultivátorozás. Virágzás idején a forró száraz időszak, a légköri aszály jelenthet veszélyt, mely virágelrűgást okoz (*Sandsted 1989, Radics 1994, 2002, 2003*).

*Grábner (1948)* szerint „...A bab termesztése nem körülményes és talajjavító hatása az utóveteményének termésében kedvezően érvényesül.” Emellett jól raktározható és ÉNy-Európában jól eladható, ahol már nemigen terem meg, mert termesztésének északi határa a szőlővel azonos. A szerző szerint is ideális a meszes vályog jól szellőzőtt gyommentes laza talaj. A többszöri kapálás biztosíthatja a megfelelő szerkezetet, levegőzöttséget és gyommentességet. Általában 1-2 t/ha szemterméssel és közel akkora szalmaterméssel számolhatunk. A szalmát nem tekinti jó takarmánynak, legfeljebb a juhokkal etethető.

A bab fontos fehérje- és energiaforrás, a mag 20-25 % fehérjét és 50-58 % szénhidrátot tartalmaz. Emellett ásványi anyagokban mint N, P, Ca, S, valamint A, B, E vitaminokban is gazdag. A fehérje aminosav összetételét tekintve jelentős a lizin és triptofán készlete, így kukorica vagy gabona magvakkal együtt fogyasztva a humán szükségleteket is döntően fedezheti. Ezt tükrözi a köztesként való termesztés évszázadokra visszanyúló gyakorlata a Föld különböző régióiban, különösen ott, ahol a hústermelés feltételei kedvezőtlenek. Korábban hazánkban is a bab, más néven paszuly vagy fuszuly(ka) a legkedveltebb étkezési száraz hüvelyesnek minősült (*Balás 1889, Cserháti 1901, Láng 1976*).

Ami a növény elemfelvételét illeti *Finck (1979)* szerint elemben megadva az 1 t mag és a hozzá tartozó szalma átlagosan 80-8-40-40-6-7=N-P-K-Ca-Mg-S kg-ot épít be testébe. Megemlíti, hogy a semleges, jó szerkezetű mélyrétegű talajon az altalaj tápelem-tőkéje is hasznosulhat a gyökerek jó feltárási képessége révén. Nagy a növény Ca-igénye, mely elérheti a K felvételét. Hasonlóképpen a S-szükséglet közelálló a P-szükséglethez. A szuperfoszfát összetételénél fogva még semleges vagy enyhén savanyú talajon is kielégítheti a bab Ca, P és S szükségletét. Mikroelemek közül kiemelhető a jelentős Fe, Mn, Zn és B felvétele, mely minden pillangós növényre

jellemző. Véleménye szerint a nagyobb termések N-szükségletét a természetes N-kötés már nem fedezi, ezért a starter trágyázáson túl is szorulhatnak N-trágyázásra, illetve ellenkező esetben csak közepes termésre számíthatunk.

A hazai irodalomban *Antal (1987)*, illetve a *MÉM NAK (1987)* irányelvek 55-25-40-38-8 = N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O-CaO-MgO, azaz elemre számolva 55-11-33-27-5 kg felvétellel számolnak 1 t mag és a hozzá tartozó melléktermésben. Az eltérés *Finck (1979)* adataihoz viszonyítva jelentős. Sajnos a hazai szakirodalomban nem található olyan vizsgálat illetve kísérletes munka, amely a bab agrokémiájával foglalkozna. Nem ismert, hogyan alakulhat e növény fejlődése, termése, makro- és mikroelem felvétele, illetve fajlagos elemtartalma a tápláltság függvényében. Az említett problémák kutatása céljából Mezőföldön, meszes vályogtalajon beállított NPK műtrágyázási kísérletünk 24. évében, 1997-ben Debreceni nagy szemű tarka étkezési babot termesztettünk. Irodalmi adatokat is figyelembe véve a hazai szaktanácsadás számára 60-20-30-30-10 = N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O-CaO-MgO kg/t fajlagos elemtartalmat ajánlottunk a tervezett termés elemigényének becsléséhez. A N-igény természetesen nem jelentkezik a légköri megkötés miatt (*Kádár 2005*).

A bab vetése 1997. május 7-én történt 36 cm sortávra, 4-5 cm mélyre 20 db/fm, illetve 250 kg/ha vetőmagnormával, a nagy szemű Debreceni tarka étkezési fajttal. Gyomirtó kapálást végeztünk júniusban és július hónapban. Az állományt virágzás elején bonitáltuk fejlettségre. Aratás előtt parcellánként 4-4 fm = 1,5 m<sup>2</sup> területről mintakévév vettünk a szár/szem tömegarányának meghatározására, valamint a fő- és melléktermés elemösszetételének vizsgálatára. Az ezermag meghatározása parcellánként 4 x 500 mag mérésével történt. A kísérletben végzett agrotechnikai műveletekről és a kapcsolódó módszertani megjegyzésekről az 1. táblázat nyújt áttekintést.

1. táblázat: Agrotechnikai műveletek és módszertani megjegyzések, bab 1997

Műveletek megnevezése	Időpont	Módszertani megjegyzések
1. Őszi műtrágyázás (N, P)	1996.10.24.	Parcellánként kézzel
2. Egyirányú szántás	1996.10.24.	MTZ-80+Lajta eke
3. Szántás elmunkálása	1997.03.20.	MTZ-50+tárcsa+fogas
4. Tavaszi N-műtrágyázás	1997.05.06.	Parcellánként kézzel
5. Vetőágykészítés	1997.05.06.	MTZ-50+kombinátor
6. Vetés (Debreceni tarka)	1997.05.07.	MTZ-50+Lajta vetőgép
7. Gyomirtó kapálás	1997.06.10.	Parcellánként kézzel
8. Bonitálás virágzás elején	1997.07.05.	Parcellánként 1-5 skálán
9. Gyomirtó kapálás	1997.07.22.	Parcellánként kézzel
10. Mintakéve aratás előtt	1997.08.18.	Parcellánként 2 + 2 = 4 fm
11. Kombájnolás	1997.08.18.	Parcellánként 4 x 2,9 = 11,6 m <sup>2</sup>
12. Mintakévefeldolgozás	1997.09.15.	Parcellánként átlagminták
13. Ezermagszámlálás	1997.09.16.	Parcellánként 4 x 500 mag
14. Minták őrlése analízisre	1997.10.10.	Parcellánként átlagmint

Megjegyzés: Vetés 36 cm sortávra, 4-5 cm mélyre 20 db/fm, illetve 250 kg/ha vetőmagnormával



Az elővetemény búza aratása és a bab vetése között kerekén 9 hónap telt el és 299 mm csapadékot kapott az alapvetően növénymentes terület. A bab tenyészideje alatt májusban 53, júniusban 60, júliusban 50, augusztusban 8 mm eső esett, tehát a 100 nap alatt 171 mm. A forró és száraz július, augusztus nem kedvezett a magképződésnek, így mérsékelt magterméseket kaptunk. Az éves csapadékösszeg 1997-ben mindössze 319 mm-t tett ki, a telepen mért 48 éves 540 mm sokéves átlagtól 221 mm-rel elmaradva.

#### Kísérleti eredmények

A K és B szintek hatását a bab 1000-mag tömegére és szemtermésére a 2. táblázatban tanulmányozhatjuk. A generatív fejlődési fázis depresszív éghajlati hatását is tükrözve, mind a K, mind a B trágyázás negatívan hatott az 1000-mag tömegére és a szemtermésre. A légszáraz szár átlagos tömege 2,7 t/ha, az összes átlagos földfeletti biomassa 3,9 t/ha mennyiséget tett ki. Szártermésben a K és a B kezelések terméscsökkentő hatása nem jelentkezett. A Sr trágyázás sem a szem, sem a szár tömegét nem befolyásolta. A K és a B ellátottsági szinteket a 2002-ben végzett talajelemzések adatai mutatják.

2. táblázat: K és B trágyázás hatása a bab 1000-mag tömegére és szemtermésére

AL-K <sub>2</sub> O mg/kg	Forróvíz oldható B, mg/kg				SzD <sub>5%</sub>	Átlag
	0,7	2,2	3,6	5,1		
1000 mag tömege, g						
191	527	526	510	512	20	519
289	512	494	498	489		498
515	492	479	479	459		478
SzD <sub>5%</sub>	22					11
Átlag	510	500	496	487	14	498
Szemtermés, t/ha						
191	1,4	1,4	1,3	1,3	0,2	1,4
289	1,3	1,2	1,2	1,2		1,2
515	1,2	1,1	1,1	1,0		1,1
SzD <sub>5%</sub>	0,2					0,1
Átlag	1,3	1,2	1,2	1,2	0,1	1,2

Megjegyzés: A légszáraz szár átlagos tömege 2,7 t/ha, az összes földfeletti biomassa 3,9 t/ha mennyiséget tett ki. Talajvizsgálatok 2002 őszén történtek.

A B-kezelések eredményeképpen igazolhatóan nőtt a szár és a szem B-tartalma. Úgy tűnik, hogy a B jelentős része még a B-trágyázást követő 7. évben is a feltalajban maradt, nem mosódott ki, amennyiben a sekélyen gyökerező bab gyökerei felvették. A kontrollon mért B-koncentráció a maximális B-terheléssel megkétszereződött a vegetatív leveles szárban 1997-ben. A K és Sr kezelések a B-tartalmat nem befolyásolták sem a szemben, sem a szárban a 3. táblázatban bemutatott eredmények szerint.

Az extrém nagy K-kínálattal a szár K-tartalma 2,6-szorosára emelkedett, míg az antagonista Ca és Mg elemek mennyisége igazolhatóan mérséklődött a szárban. A

K-koncentráció igazolhatóan nőtt a magban is. Megemlítjük, hogy a Sr-trágyázás nyomán a szár Sr-tartalma a kontroll talajon mért 59 mg/kg értékről 71 mg/kg-ra, a szem Sr-tartalma 2,4 mg/kg értékről 3,0 mg/kg-ra nőtt igazolhatóan. A vonatkozó SzD<sub>5%</sub> értéke a szárra 6 mg/kg, a szemre 0,3 mg/kg volt. Adatainkat a 4. táblázat foglalja össze.

3. táblázat: B-trágyázás hatása a bab B-tartalmára 1997-ben, mg/kg

Növényi rész	Forróvíz oldható B, mg/kg				SzD <sub>5%</sub>	Átlag
	0,7	2,2	3,6	5,1		
A K és Sr kezelések átlagában						
Szár	27	41	50	57	6	44
Szem	12	14	15	16	1	14

Megjegyzés: K és Sr kezelések a B-tartalmat igazolhatóan nem módosították

4. táblázat: K-trágyázás hatása a bab elemtartalmára 1997-ben

AL-K <sub>2</sub> O mg/kg	Szárban, %			Szemben, %
	K	Ca	Mg	K
191	1,03	1,45	0,58	1,17
289	2,04	1,24	0,47	1,32
515	2,68	1,22	0,40	1,35
SzD <sub>5%</sub>	0,13	0,04	0,07	0,08
Átlag	1,92	1,30	0,48	1,28

Megjegyzés: Sr-trágyázás igazolhatóan növelte a szár (59-ről 71 mg/kg-ra) és a szemtermés (2,4-ről 3,0 mg/kg-ra) Sr-tartalmát

A bab szemtermése N, K és P elemekben gazdag. A N meghaladja a 4,1 %-ot, K közel 1,3 %, míg a P eléri a 0,5 %-ot. A mag N-készlete mintegy a kétszerese, míg a K-készlete háromszorosa az átlagos kalászos gabonafélék magjának összetételéhez viszonyítva. A felvett elemek mennyiségét tekintve az 5. táblázatban látható, hogy a leveles szárba és a szemtermésbe épült N és P mennyisége közelálló. A K, Ca, Mg, B, Sr elemek döntő hányada a szalmában halmozódott fel. A földfeletti biomaszába épült B 81, Mg 83, Ca 95, Sr több mint 97 %-át találjuk a szárban, amit visszaszántunk a talajba.

A felvett N nagyobb része a levegőből származik, melynek egy része szintén a talajt gazdagíthatja a szár beszántásával. Az 1 t szemtermés és a hozzátartozó melléktermés úgynevezett fajlagos elemtartalma kísérleti körülményeink között 78 kg N, 56 kg K (67 kg K<sub>2</sub>O), 31 kg Ca (43 kg CaO), 13 kg Mg (22 kg MgO), 10 kg P (23 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). A mérsékelt szemterméssel érzékelhetően csak P-ban szegényedik a talajunk. A szaktanácsadás számára korábban általunk javasolt 20-30-30-10 = P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O-CaO-MgO kg/t tervezett szemterméshez irányszámokat tartjuk elfogadhatónak. Jelen kísérletben a fajlagos K, Ca, Mg tartalmak a rendkívül tág

szalma/szem tömegarányok miatt félrevezetőek lehetnek és egy aszályos év viszonyait tükrözik.

5. táblázat: A bab átlagos összetétele és elemfelvétele 1997-ben

Elem jele	Mértékegység	Elemtartalom		Mértékegység	Elemfelvétel			*Fajlagos Tartalom
		Szár	Szem		Szár	Szem	Összes	
N	%	1,60	4,13	kg/ha	43,2	49,6	93	78
K	%	1,92	1,28	kg/ha	51,8	15,4	67	56
Ca	%	1,30	0,13	kg/ha	35,1	1,6	37	31
Mg	%	0,48	0,18	kg/ha	13,0	2,2	15	13
P	%	0,22	0,50	kg/ha	5,9	6,0	12	10
B	mg/kg	27	12	g/ha	73	14	87	72
Sr	mg/kg	59	3	g/ha	159	4	163	136

\*Az 1 t szem és a hozzátartozó földfeletti melléktermés elemtartalma

#### Összefoglalás

Mészlepedékes csernozjom vályogtalajon, az MTA TAKI Nagyhörcsök Kísérleti Telepén Mezőföldön vizsgáltuk a K B, Sr elemek közötti kölcsönhatásokat 2001-2004. között lucernában. Telepítés előtt 400 kg/ha  $P_2O_5$  alaptrágyát adtunk szuperfoszfát formájában. A K-szinteket megismételt 0, 1000, 2000  $K_2O$ , a B-szinteket megismételt 0, 20, 40, 60 kg/ha B, a Sr-szinteket 67 kg/ha Sr adaggal állítottuk be. Műtrágyaként 60 %-os KCl-ot, 11 %-os bóraxot és 33 %-os  $SrCl_2 \times 6H_2O$  sót alkalmaztunk. Főparcellánként 3K-kezelés, alparcellánként 4B-kezelés, alalparcellánként 2Sr-kezelés szolgált 24 kezeléssel x 3 ismétlésben = 72 parcellával osztott parcellás elrendezésben.

A kísérlet beállításakor 1987 őszén a szántott réteg 5 %  $CaCO_3$ -ot, 3 % humuszt, 20 % agyagot tartalmazott. A  $pH(H_2O)$  7,8;  $pH(KCl)$  7,3;  $AL-K_2O$  180-200,  $AL-P_2O_5$  100-120, KCl-oldható Mg 110-150, KCl+EDTA oldható Mn 60-80, Cu és Zn 1-2 mg/kg értékkel volt jellemezhető. A termőhely kielégítő K, Ca, Mg; közepes N és P; valamint gyenge Zn és Cu ellátottságú. A talajvíz szintje 13-15 m mélyen található, a terület aszályérzékeny. Az átlagos középhőmérséklet 11  $^{\circ}C$ , az éves csapadékösszeg 400-600 mm közötti egyenetlen eloszlással. Főbb megállapítások, levonható tanulságok:

- Ebben az aszályos évben a bab 1000-mag tömegét és szemtermését a K- és a B-trágyázás egyaránt csökkentette, míg a szártermést nem befolyásolta. A Sr-kezelések hatástalanok voltak a terméstömegre. A légszáraz földfeletti biomassza 3,9 t/ha mennyiséget tett ki, melyből a szár 2,7 t/ha mennyiséggel vett részt. A szemtermés 1,0-1,4 t/ha között változott a kezelések függvényében.
- A B-trágyázás nyomán megkétszereződött a szár B-tartalma, de igazolhatóan 30 %-kal nőtt a B a szemben is. A Sr-trágyázás szintén igazolhatóan emelte a szár és a szem Sr koncentrációit. A növekvő K-kínálattal 2,6-szorosára nőtt a K %-a, illetve mérséklődött a Ca és Mg mennyisége.

- Az 1 t szemtermés és a hozzátartozó melléktermés fajlagos elemtartalma 78-56-31-13-10 = N-P-K-Ca-Mg-P kg/t mennyiségnek adódott. Kísérletünkben az igen tág szalma/szem arányok, illetve az aszályos év viszonyai között kapott extrém nagy fajlagos K, Ca, Mg elemtartalmak félrevezetőek lehetnek. A szaktanácsadás számára az általunk korábban közölt 20-30-30-10 =  $P_2O_5$ - $K_2O$ -CaO-MgO irányszámokat tartjuk elfogadhatónak a tervezett termés elemigényének becslésében.
- A földfeletti biomasszába épült B 81, Mg 83, Ca 95, Sr kereken 97 %-át a szalma halmozta fel, melyet visszaszántunk a talajba. A felvett N nagyobb része a levegőből származik, mely szintén a talajt gazdagítja a szár beszántásával. Hasonló körülmények között a babtermesztés érzékelhetően csak P-ban szegényítheti el a talajt.

#### 4.8. Mák 1998-ban

##### Bevezetés és irodalmi áttekintés

A mák a legrégebben ismert és termesztett kultúrnövények közé tartozik. Keleten az ópium, nyugaton az élelmiszer és az olaj előállítása volt a termesztés fő célja. Az 1900-as évek első felében *Kabay János* találmánya révén kitért a mák hasznosításának lehetősége. Az addig hulladékként kezelt száraz toktörmeléből üzemi eljárással olyan alkaloidokat sikerült kivonni, melyek előállítása korábban csak az ópiumból volt lehetséges. E találmány hasznosítására épült az Alkaloida Vegyészeti Gyár Tiszavasváriban, mely termékeivel Magyarországot nagyhatalommá tette a mák alkaloidok gyógyszerpiacán (*Unk 1960, Mórász 1979, Földesi 1994*).

A máktermesztés hazai fellendítése indokoltá válhat a jövőben, hiszen ez a növény többcélúan hasznosítható. Szára jó tüzelő, toktermése az alkaloida gyártásának alapanyaga, magja az élelmezést és az olajnyerést egyaránt szolgálhatja. Rendelkezünk hazai fajtákkal, megoldódott a máktermesztés gépesítése. Fejlődés gátja az alacsony termésátlag, mely az olajnyerést jelenleg gazdaságtalanná teszi. Korábbi munkánkban arra kerestük a választ, hogy a szakszerű műtrágyázással a mák termése és minősége mennyiben javítható. Talaj- és növényvizsgálati határértékeket, optimumokat is kidolgoztunk a szaktanácsadás számára (*Kádár és Földesi 2001, Kádár et al. 2001*).

A Kompolti M fajtájú mákot 1998. március 16-án vetettük el kézi toló vetőpuskával, 45 cm sortávra 1-2 cm mélyre. Az egyelés törőzsás állapotban történt 4-5 cm tőtávolságra. Állománybonitálást végeztünk szárbaindulás előtt kifejlett törőzsás korban, virágzás kezdetén és aratáskor. Betakarítás idején tőszámlálásra került sor parcellánként 6 sor x 4 fm = 10,8 m<sup>2</sup> nettó területen. Ugyanitt parcellánként 18-18 tövet vettünk mintakévéként a szár, tok és mag tömegarányának mérése és analitikai elemzések céljából. A betakarítás kézzel történt. Parcellánként 24 fm-en (10,8 m<sup>2</sup>) a tokokat a bütyök alatt késsel levágtuk a szár és a gyökeres szárat is kinyűttük. Megállapítottuk a szár és a toktermés tömegét, majd a tokot elcsépeztük, magot rostáltuk és szeleltük és mértük a tiszta maghozamot. A kísérletben végzett agrotechnikai műveletekről és a vonatkozó módszertani megfigyelésekről az 1. táblázat ad áttekintést.

Az elővetemény babot 1997. augusztus közepén arattuk. A mák vetéséig eltelt 7 hónap alatt 182 mm csapadékot kapott az alapvetően növénymentes terület. A mák tenészedése alatt márciusban 28, áprilisban 104, májusban 79, júniusban 37, júliusban 63 mm eső hullott, a 4,5 hónap alatt összesen tehát 311 mm. A csapadékelátottság kedvező volt 1998-ban, az éves csapadékösszeg is jelentősen meghaladta a telepen mért 540 mm körüli sokéves átlagot, 682 mm-t ért el.

**1. táblázat: Agrotechnikai műveletek és módszertani megjegyzések a kísérletben**

Műveletek megnevezése	Időpont	Módszertani megjegyzések
1. Őszi műtrágyázás (N, P)	1997.10.28.	Parcellánként kézzel
2. Egyirányú szántás	1997.10.28.	MTZ-80+Lajta eke
3. Szántás elmunkálása	1998.03.03.	MTZ-50+nehézfogas
4. Tavaszi N-műtrágyázás	1998.03.12.	Parcellánként kézzel
5. Vetőágykészítés	1998.03.12.	MTZ-50+kombinátor
6. Vetés (Kompolti M fajta)	1998.03.16.	Parcellánként kézi vetőgéppel
7. Magtakarás	1998.03.16.	T4K+simahenger
8. Tőszámbeállítás, kapálás	1998.05.18.	Parcellánként kézzel (45x5 cm)
9. Bonitálás törőzsás korban	1998.05.24.	Parcellánként 1-5 skálán
10. Bonitálás virágzás elején	1998.06.15.	Parcellánként 1-5 skálán
11. Máktokbarkó ellen	1998.06.17.	Háti permetezővel (Dimecron)
12. Tőszámlálás aratás előtt	1998.08.03.	Parcellánként 6 sor x 4 f = 24 fm
13. Mintakévvétel	1998.08.03.	Parcellánként 18 – 18 tő
14. Betakarítás kézzel	1998.08.03.	Parcellánként 6 sor x 4 fm = 24 fm
15. Mintakéve feldolgozás	1998.09.10.	Parcellánként átlagminta
16. Minták őrlése analízisre	1998.09.20.	Parcellánként átlagminta

Megjegyzés: Vetés 1-2 cm mélyre 45 cm sortávra 160-180 db/m<sup>2</sup> csíraszámval. Egyelés 4-5 cm tőtávra.

**Kísérleti eredmények**

Ami a mák termését illeti, kezeléshatásokat nem kaptunk. A légszáraz aratáskori szár átlagos tömege 3,4 t/ha, tok tömege 1,1 t/ha, mag tömege 1,6 t/ha, az összes földfeletti biomassa 6,1 t/ha mennyiséget tett ki. Változott viszont a mák összetétele a kezelések nyomán. A 11 év alatt adott összesen 0, 40, 80, 160 kg/ha B-adag hatására mérséklődött a Ca és a Mg koncentrációja mind a szárban, mind a tokban. A kontroll talajon termett mák szárának B-tartalma a maximális B-terheléssel mintegy a 2,5-szeresére, a tok B-tartalma közel 3-szorosára, míg a mag B-tartalma 5,5-szörösére emelkedett. A B tömegárammal és diffúzióval könnyen bejuthat a növénybe és a növényen belüli transzportja sem gátolt, így felhalmozódhat a magban. A kedvező csapadékvizonyok pedig a talajbani felvehetőségnek kedveztek. Mindez arra is utal, hogy a bőrtrágya nem mosódott a mélyebb talajrétegekbe az elmúlt években, ahol a sekélyen gyökerező mák számára felvehetetlen maradt volna (2. táblázat).

2. táblázat: A B kezelések hatása a tavaszi mák Ca, Mg, B tartalmára 1998-ban

B adag kg/ha	Ca %		Mg %		B mg/kg		
	Szár	Tok	Szár	Tok	Szár	Tok	Mag
0	2,15	3,15	0,30	0,37	25	43	23
40	2,02	2,93	0,27	0,36	34	55	43
80	1,97	2,83	0,27	0,33	52	87	86
160	1,94	2,68	0,25	0,31	65	120	129
SzD <sub>5%</sub>	0,22	0,21	0,03	0,03	10	10	11
Átlag	2,02	2,90	0,27	0,34	44	76	70

A növekvő K-kínálattal nőtt a szár és a tok K-tartalma és egyidejűleg mérséklődött az antagonist Mg koncentrációja. Az 1992 tavaszán adott 67 kg Sr hatására kimutathatóan emelkedett a Sr-tartalom a mák szerveiben 1998 őszén. A K és a B kezelések a Sr növényi felvételét nem befolyásolták, adatainkat ezért a K és B kezelések átlagaiban közöljük a 3. táblázatban. A K és Mg koncentrációk a B és Sr kezelések átlagait jelentik, amennyiben a B és a Sr hatása nem volt igazolható a szár vagy a tok K vagy Mg növénybeni felvételére.

3. táblázat: A K és Sr kezelések hatása a tavaszi mák K, Mg, S tartalmára 1998-ban

K <sub>2</sub> O adag kg/ha	K %		Mg %	Sr adag kg/ha	Sr mg/kg		
	Szár	Tok	Szár		Szár	Tok	Mag
0	2,68	3,09	0,31	0	80	94	27
2000	3,09	3,23	0,27	67	106	106	32
4000	3,43	3,29	0,24				
SzD <sub>5%</sub>	0,36	0,20	0,05	SzD <sub>5%</sub>	6	5	2
Átlag	3,07	3,20	0,27	Átlag	93	100	30

Ami a mákszervek elemösszetételét illeti megállapítható, hogy a K, Ca, Sr, B, Cu elemek elsősorban a toktermésben dúsultak. A magtermésben éri el ugyanakkor maximumát a N, P, Mg, Mn és Zn. A szárban a Na, Fe, Al, Ba elemek mennyisége kiugró. A földfeletti biomasszába épült elemek megoszlása arra utal, hogy a betakarított tok és mag termésével főként a N, P, Mn, B és Zn elemekben szegényedhet a talaj. Hasonló eredménnyel az összes felvett makro elemek tömege a 4. táblázatban közölt eredmények szerint elérheti a 152 kg K, 127 kg N, 124 kg Ca, 28 kg P és 19 kg Mg mennyiségét hektáronként.

Ami az úgynevezett fajlagos vagy egységnyi, azaz 1 t magtermés és a hozzátartozó földfeletti melléktermés átlagos elemtartalmát illeti 79-41-114-19-20 = N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O-CaO-MgO kg/t irányszámokat kaptunk kísérletünkben. Hasonló fajlagos értékeket mértünk e talajon korábbi kísérleteinkben is mák növénnyel

(Kádár et al. 2001, 2003). A mákot alapvetően a középkötött mezőségi talajokon termesztjük, ahol kísérleteink is folytak. Antal (2000) a hazai szaktanácsadás számára 45-15-50-20-3 = N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O-CaO-MgO kg/t fajlagos tartalmakat ajánl.

4. táblázat: A mák átlagos elemösszetétele és elemfelvétele 1998-ban

Elem jele	Mérték-egység	Elemtartalom			Mérték-egység	*Elemfelvétel				Fajlagos
		Szár	Tok	Mag		Szár	Tok	Mag	Együtt	
K	%	3,07	3,17	0,81	kg/ha	104	35	13	152	95
Ca	%	2,02	2,90	1,43	kg/ha	69	32	23	124	78
N	%	1,24	2,00	3,92	kg/ha	42	22	63	127	79
Mg	%	0,27	0,34	0,37	kg/ha	9	4	6	19	12
P	%	0,23	0,46	0,91	kg/ha	8	5	15	28	18
Na	mg/kg	180	63	23	g/ha	612	69	37	718	449
Fe	mg/kg	146	45	123	g/ha	496	50	197	643	402
Al	mg/kg	130	10	73	g/ha	442	11	117	570	356
Sr	mg/kg	93	100	30	g/ha	316	110	48	474	296
Mn	mg/kg	77	80	187	g/ha	262	88	299	649	406
B	mg/kg	44	76	70	g/ha	150	84	112	346	216
Ba	mg/kg	10	5	2	g/ha	34	6	3	43	27
Zn	mg/kg	8	10	30	g/ha	27	11	48	86	54
Cu	mg/kg	6	12	8	g/ha	20	13	13	46	29

\*A légszár száraz átlagos tömege 3,4 t/ha, tok 1,1 t/ha, mag 1,6 t/ha, az összes földfeletti biomassa 6,1 t/ha

A szerző ajánlásait az N, P és K elemek terén átlagosan mintegy 2-szeresen, a Ca és Mg esetében 5-6-szorosan múlják felül a kísérleti adatok. Nem ismert, hogy a szerző milyen vizsgálatokra alapozza ajánlásait. Amennyiben egyéb, a mák elemfelvételével foglalkozó közleményeket (saját közléseinken kívül) a hazai irodalomban nem találtunk. A szerző ugyanakkor könyvében a mák trágyaigényét (amit helytelenül tápanyagigényként említ) érthetetlen, nem logikus módon túlbecsüli.

Az I. szántóföldi termőhely „igen jó” ellátottságú talajain, amely kategória valójában a káros szintet jelöli 250-450 mg/kg AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, illetve 300-500 mg/kg AL-K<sub>2</sub>O tartalommal 80 kg N, 37 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> és 62 kg K<sub>2</sub>O hatóanyagot javasol minden tervezett magtermés eléréséhez. Tehát ott, ahol már a trágyázást szüneteltetni kellene a talajtermékenység helyreállítása céljából. Az ajánlott trágyaadag a foszfor esetén közel 2,5-szerese, a N esetében 1,8-szorosa, a kálium esetén 1,2-szerese a szerző által megadott fajlagos mutatónak (Antal 2000). A szerző mentségére legyen mondva, aki nagy tiszteletben álló növénytermesztő, de nem növénytáplálási szakember, nem az agrokémiai tudomány művelője.

## Összefoglalás

Mészlepedékes csernozjom vályogtalajon, az MTA TAKI Nagyhörcsök Kísérleti Telepén Mezőföldön vizsgáltuk a K B, Sr elemek közötti kölcsönhatásokat 2001-2004. között lucernában. Telepítés előtt 400 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> alaptrágyát adtunk szuperfoszfát formájában. A K-szinteket megismételt 0, 1000, 2000 K<sub>2</sub>O, a B-

szinteket megismételt 0, 20, 40, 60 kg/ha B, a Sr-szinteket 67 kg/ha Sr adaggal állítottuk be. Műtrágyaként 60 %-os KCl-ot, 11 %-os bóraxot és 33 %-os  $\text{SrCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$  sót alkalmaztunk. Főparcellánként 3K-kezelés, alparcellánként 4B-kezelés, alalparcellánként 2Sr-kezelés szolgált 24 kezeléssel  $\times$  3 ismétlésben = 72 parcellával osztott parcellás elrendezésben.

A kísérlet beállításakor 1987 őszén a szántott réteg 5 %  $\text{CaCO}_3$ -ot, 3 % humuszt, 20 % agyagot tartalmazott. A pH( $\text{H}_2\text{O}$ ) 7,8; pH(KCl) 7,3; AL- $\text{K}_2\text{O}$  180-200, AL- $\text{P}_2\text{O}_5$  100-120, KCl-oldható Mg 110-150, KCl+EDTA oldható Mn 60-80, Cu és Zn 1-2 mg/kg értékkel volt jellemezhető. A termőhely kielégítő K, Ca, Mg; közepes N és P; valamint gyenge Zn és Cu ellátottságú. A talajvíz szintje 13-15 m mélyen található, a terület aszályérzékeny. Az átlagos középhőmérséklet 11 °C, az éves csapadékösszeg 400-600 mm közötti egyenetlen eloszlással. Főbb megállapítások, levonható tanulságok:

- Ebben a kedvező csapadékelátottságú évben a kezeléshatások elmaradtak, az átlagtermés viszont kielégítő volt. Az aratáskori szár 3,4 t/ha, tok 1,1 t/ha, mag 1,6 t/ha tömeget adott, az összes légszáraz földfeletti biomassza 6,1 t/ha mennyiséget tett ki.
- A bórtrágya 6 év után sem mosódott a mélyebb talajrétegekbe. A sekélyen gyökerező mák szerveinek B-tartalma többszörösére nőtt a B-terheléssel. Mérséklődött ezzel egyidejűleg a szár és a tok Ca és Mg koncentrációja. A K-trágyázás emelte a szár és a tok K, illetve csökkentette a Mg %-át. Igazolható volt a 6 évvel korábban adott 67 kg/ha Sr-trágyázás hatása is a mákszervek emelkedett Sr-tartalmában.
- Az 1 t mag és a hozzátartozó melléktermés fajlagos/egységnyi elemtartalma 179-41-114-109-20 = N- $\text{P}_2\text{O}_5$ - $\text{K}_2\text{O}$ -CaO-MgO kg/t mennyiségnek adódott. Hasonló fajlagos értékeket mértünk korábbi kísérleteinkben is, melyek a hazai szaktanácsadásban ajánlott N, P, K fajlagosokat átlagosan mintegy 2-szeresen, a Ca és Mg fajlagosokat 5-6-szorosan múlják felül. Javasoljuk a hazai szaktanács revízióját.

#### 4.9. Őszi árpa 1999-ben

##### Bevezetés és irodalmi áttekintés

Ismert, hogy az árpa a kalászosok közül kiemelkedik erőteljesebb K-igényével, melyet különösen a hagyományos német nyelvű szakirodalom hangsúlyoz. *Becker-Dillingen (1934)* szerint pl. még a kötöttebb talajokon is szükségessé válhat a K-műtrágyázás istállótrágya nélküli forgóban, amennyiben a nagytestű K-igényes elővetemények mint a répa és a burgonya kimerítik a talaj felvehető K-készletét. A megfelelő K-ellátás ellensúlyozhatja az esetleges N-túlsúly hátrányait, csökkenti a megdőlés veszélyét, javítja a minőséget és a betegség-ellenállóságot. Úgyszintén igényes e növény a talaj felvehető P-tartalmával szemben, ezért meghálálja a szuperfoszfáttal végzett műtrágyázást. A kielégítő P-ellátás pozitívumai a K-hoz hasonlóak. A N-műtrágyát megosztva, főként tavaszi fejtrágyaként javasolja.

Általános hazai vélemény szerint a jó árpatalaj a mélyrétegű humuszos, meszes vályog. Ami a trágyaigényét illeti, hangsúlyozzák, hogy kevesebb trágyát igényel a búzánál, mert hamarabb megdőlhet. Inkább az előveteménye alá javasolt az



istállótrágya vagy közvetlenül adva a féladagú trágyázás ajánlott (*Cserhádi 1901, Grábner 1948, Láng 1976, Antal 1987*).

A termesztési, trágyázási tapasztalatok közvetlenül sajnos nem vehetők át, hiszen mások a természeti viszonyok. ÉNy-Európa talajai általában durvább szerkezetűek, fiatalabbak (jégkor később ért véget), tápanyagokban szegényebbek, kilúgzásuk kifejezettebb. Ebből adódóan látványosak a K-hatások. A N-szolgáltatásuk is mérsékeltebb, kevesebb humuszt tartalmaznak, mint a kontinentális, arid vidékek talajai. Ugyanakkor az enyhe téli időjárás miatt nem szünetel a mikrobiális tevékenység (a lebomlás), ezért az őszi N-trágyázás megdőlést okozhat, hiszen a fejlődés korai szakaszában a növényi N-igény még minimális.

*Pekáry és Holló (1979)* Kompolton, P-ral gyengén-közepesen ellátott savanyú agyagos vályog csernozjom barna erdőtalajon évente 0,5-1,0 t/ha körüli P-hatásokat kapott 500 kg/ha egyszeri  $P_2O_5$  feltöltő adaggal, a talaj P-ellátottságát jó-közepes 70-100 ppm AL-  $P_2O_5$  szintre emelve. *Lásztity (1979)* K-mal igen gyengén ellátott 40-60 ppm AL- $K_2O$  tartalmú talajon, meszes Duna-Tisza közti homokon 750 kg/ha maximális feltöltő  $K_2O$  adagot alkalmazva 1,6 t/ha terméstöbbletet nyert. Az NPK<sub>0</sub> parcellák 3-3 t/ha szemtermése 4,9 t/ha-ra nőtt az őrbottyáni kísérleti telepen. Az őszi árpa meghálálhatja tehát nemcsak a N, hanem a P és K trágyázást is, amennyiben a talaj gyengén ellátott.

A továbbiakban a kálium, bór és a stroncium kezelések hatását vizsgáljuk az őszi árpa elemösszetételére és elemfelvételére. Az NPK műtrágyák termést és elemtartalmat módosító szerepét korábbi munkáinkban taglaltuk ugyanezen a talajon (*Kádár 2000 a,b*). A mikroelem terhelés hatását szintén elemeztük e növényre (*Kádár 2003*).

A Botond fajtájú őszi árpát 1998. október 5-én vetettük el gabona sortávolságra, 5-6 cm mélyre 180 kg/ha vetőmag normával. Állománybonitálást végeztünk bokrosodásban és virágzás idején. Az aratás július 1-én történt parcellakombájnval. Előtte parcellánként 4-4 fm = 0,5 m nettó területről mintakévév vettünk a fő- és melléktermés tömegarányának megállapítása, illetve az analitikai vizsgálatok céljából. A kísérletben végzett agrotechnikai műveletekről és a vonatkozó módszertani megjegyzésekről az *I. táblázat* nyújt áttekintést.

Az elővetemény mák betakarítása 1998. augusztus elején történt. Az őszi árpa vetéséig tartó 2 hónap alatt 174 mm csapadékot kapott a terület. Ezt követően októberben 73, novemberben 48, decemberben 22, 1999. év januárjában 15, februárban 44, márciusban 17, áprilisban 81, májusban 77, júniusban 192 mm eső hullott. A tenyészidő 9 hónapja alatt tehát összesen 569 mm. A sekélyen gyökerező elővetemény mák a rövid, 4,5 hónapos tenyészideje alatt nem szárította ki a mélyebb talajrétegeket. Az őszi árpa vízellátottsága ebben az évben megfelelő volt. Az 1999. év csapadékösszege egyébként 830 mm-t tett ki, jelentősen meghaladva a telepen mért 540 mm sokéves átlagot.

**1. táblázat:** Agrotechnikai műveletek és megfigyelések a kísérletben

Műveletek megnevezése	Időpont	Egyéb megjegyzés
1. Őszi műtrágyázás (NP)	1998.09.22.	Parcellánként kézzel
2. Egyirányú szántás	1998.09.22.	MTZ-80+Lajta eke
3. Szántás elmunkálása	1998.09.22.	MTZ-50+gyűrűshenger
4. Vetőágykészítés	1998.10.02.	MTZ-80+kombinátor
5. Vetés (Fajta: Botond)	1998.10.05.	MTZ-50+Lajta-32 vetőgép
6. Magtakarás	1998.10.05.	MTZ-50+gyűrűshenger
7. Növényállomány sorol	1998.10.20.	Egységesen az egész kísérletben
8. Tavasz N-műtrágyázás	1999.03.19.	Parcellánként kézzel
9. Bonitálás bokrosodáskor	1999.04.05.	Parcellánként 1-5 skálán
10. Bonitálás virágzáskor	1999.06.04.	Parcellánként 1-5 skálán
11. Mintakéve vétele	1999.07.01.	Parcellánként 4 fm = 0,5 m <sup>2</sup>
12. Kombájnolás	1999.07.01.	Parcellánként 4 x 2,1 = 8,4 m <sup>2</sup>
13. Szalma betakarítása	1999.08.12.	MTZ-80+bálázógép
14. Tarlóhántás	1999.08.12.	MTZ-80+tárcsa+gyűrűshenger
15. Mintakévek feldolgozása	1999.09.10.	Parcellánkénti átlagminták
16. Minták őrlése analízisre	1999.10.14.	Parcellánkénti átlagminták

Megjegyzés: Elvetve 5-6 cm mélyre, gabonasortávra, 55-60 db/fm csíraszámval és 180 kg/ha vetőmagnormával

#### Kísérleti eredmények

A kálium, bór és a stroncium kezelések a termés tömegét nem befolyásolták. A kísérlet átlagában 4,4 t/ha szemtermés, illetve 4,6 t /ha szalmatermés képződött. A K-trágyázással emelkedett a szalma és a szem K és Ba koncentrációja, a 7 évvel korábban adott 67 kg/ha Sr-adag nyomán pedig enyhén emelkedett a szalmában mért Sr-tartalom a 2. táblázatban bemutatott adatok szerint.

**2. táblázat:** K és Sr kezelések hatása az őszi árpa K, Ba, Sr tartalmára 1999-ben

K <sub>2</sub> O adag kg/ha	K %		Ba mg/kg		Sr adag kg/ha	Sr mg/kg	
	Szalma	Szem	Szalma	Szem		Szalma	Szem
0	1,04	0,54	33,7	4,7	0	22,8	5,3
2000	1,42	0,56	37,1	5,9	67	25,2	5,5
4000	1,53	0,56	44,4	7,4			
SzD <sub>5</sub> %	0,12	0,02	1,3	2,2	SzD <sub>5</sub> %	1,2	0,5
Átlag	1,33	0,55	38,4	6,0	Átlag	24,0	5,4

A B-terhelés hatására igazolhatóan mérséklődött a szalmába és a szembe épült Mg mennyisége. Ugyanitt a szemtermésben megkétszereződött, míg a szalmában megnégyszereződött a kontrollon mért B-tartalom a maximális B-terhelésű

parcellákon. Mindez arra utal, hogy a trágyázás után 7 évvel a bőrtrágya még a gyökérjárta felső talajrétegekben maradt, nem mosódott ki (3. táblázat).

3. táblázat: B kezelések hatása az őszi árpa Mg és B tartalmára 1999-ben aratáskor

B adag kg/ha	Mg mg/kg		B mg/kg	
	Szalma	Szem	Szalma	Szem
0	759	2011	4,3	1,6
40	729	1903	7,0	2,1
80	693	1865	11,0	2,7
160	687	1837	17,4	3,4
SzD <sub>5%</sub>	46	163	2,2	0,4
Átlag	717	1904	10,0	2,4

Az őszi árpa betakarított földfeletti termésével 156 kg N, 86 kg K, 29 kg P, 21 kg Ca, 11 kg Mg, 4 kg Na és 1 kg Fe távozott hektárra számolva. A 4. táblázat adataiból az is látható, hogy a felvett N, P, Mg, Zn és Cu nagyobb része a szemben akkumulálódott, mint a szemképződés fontos építőelemei. A szalma a tartaléktápelemek szerveként is szolgálhat felhalmozva a K, Ca, Na, Mn, Sr, Ba, B elemeket.

4. táblázat: Az őszi árpa átlagos összetétele és elemfelvétele 1999-ben aratáskor

Elem jele	Mérték- Egység	Elemtartalom		Mérték- egység	*Elemfelvétel			**Fajlagos Felvétel
		Szalma	Szem		Szalma	Szem	Összes	
N	%	0,99	2,49	kg/ha	46	110	156	35
K	%	1,33	0,55	kg/ha	62	24	86	20
Ca	%	0,37	0,08	kg/ha	17	4	21	5
Mg	%	0,07	0,19	kg/ha	3	8	11	25
P	%	0,14	0,53	kg/ha	6	23	29	67
Na	mg/kg	874	24	g/ha	3896	106	4002	909
Fe	mg/kg	170	52	g/ha	782	229	1011	230
Mn	mg/kg	30	22	g/ha	138	97	235	53
Ba	mg/kg	38	6	g/ha	175	26	201	46
Sr	mg/kg	24	5	g/ha	110	22	132	30
Zn	mg/kg	8	18	g/ha	37	79	116	26
B	mg/kg	10	2	g/ha	46	9	55	12
Cu	mg/kg	3	4	g/ha	14	18	32	7

\* Átlagosan 4,4 t/ha szem, illetve 4,6 t/ha szalma, azaz 9,0 t/ha légszáraz földfeletti biomassza tömeggel számolva

\*\* Fajlagos felvétel: 1 t szem + melléktermésében felvett

Ami az 1 t szemtermés és a hozzátartozó melléktermés úgynevezett fajlagos elemtartalmát illeti, kísérleti körülményeink között 35-15-22-7-4=N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O-CaO-MgO kg/t mennyiségnek adódott. Adataink iránymutatóul szolgálhatnak a tervezett termés elemigényének becslésénél a szaktanácsadás során (4. táblázat).

#### Összefoglalás

Mészlepedékes csernozjom vályogtalajon, az MTA TAKI Nagyhörcsők Kísérleti Telepén Mezőföldön vizsgáltuk a K B, Sr elemek közötti kölcsönhatásokat 2001-2004. között lucernában. Telepítés előtt 400 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> alaptrágyát adtunk szuperfoszfát formájában. A K-szinteket megismételt 0, 1000, 2000 K<sub>2</sub>O, a B-szinteket megismételt 0, 20, 40, 60 kg/ha B, a Sr-szinteket 67 kg/ha Sr adaggal állítottuk be. Műtrágyaként 60 %-os KCl-ot, 11 %-os bóraxot és 33 %-os SrCl<sub>2</sub> x 6H<sub>2</sub>O sót alkalmaztunk. Főparcellánként 3K-kezelés, alparcellánként 4B-kezelés, alalparcellánként 2Sr-kezelés szolgált 24 kezeléssel x 3 ismétlésben = 72 parcellával osztott parcellás elrendezésben.

A kísérlet beállításakor 1987 őszén a szántott réteg 5 % CaCO<sub>3</sub>-ot, 3 % humuszt, 20 % agyagot tartalmazott. A pH(H<sub>2</sub>O) 7,8; pH(KCl) 7,3; AL-K<sub>2</sub>O 180-200, AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 100-120, KCl-oldható Mg 110-150, KCl+EDTA oldható Mn 60-80, Cu és Zn 1-2 mg/kg értékkel volt jellemezhető. A termőhely kielégítő K, Ca, Mg; közepes N és P; valamint gyenge Zn és Cu ellátottságú. A talajvíz szintje 13-15 m mélyen található, a terület aszályérzékeny. Az átlagos középhőmérséklet 11 C°, az éves csapadékösszeg 400-600 mm közötti egyenetlen eloszlással. Főbb megállapítások, levonható tanulságok:

- Ezen a káliummal és bórral egyaránt kielégítően ellátott meszes vályog talajon trágyahatások a termésben nem jelentkeztek. A kísérlet átlagában 4,4 t/ha szem, illetve 4,6 t/ha szalma képződött 9,0 t/ha légszáraz földfeletti biomasszát adva.
- A bórterheléssel megkétszereződött a szembe, illetve 4-szeresére nőtt a szalmába épült B mennyisége. A bórtrágya 7 év után is a gyökérjárta felsőbb talajrétegekben maradhatott. A B-trágyázás mérsékelte a Mg koncentrációját mind a szemben, mind a szalmában. A K-trágyázással igazolhatóan emelkedett a K és a Ba a növényi részekben.
- Az őszi árpa földfeletti termésénél 156 kg N, 86 kg K, 29 kg P, 21 kg Ca, 11 kg Mg, 4 kg Na, 1 kg Fe, 200 g körüli Mn és Ba, 100 g feletti Sr és Zn, 55 g B és 32 g Cu távozott hektáronként.
- Az 1 t szem és a hozzátartozó melléktermés fajlagos egységnyi elemtartalma 35-15-22-7-4 = N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O-CaO-MgO kg/t mennyiségnek adódott kísérleti körülményeink között. Adataink iránymutatóul szolgálhatnak a tervezett termés elemigényének számításakor a szaktanácsadásban.

#### 4.10. Triticále 2000-ben

##### Bevezetés és irodalmi áttekintés

A tritikálet egyre nagyobb területen termesztjük, mert a gyengébb talajokon is kielégítően terem, ellenáll a roszdának és a fehérjetartalma is nagy. Kedvezőtlen tulajdonságait, mint a hosszú szalma, megdőlésre való hajlam, késői érés stb. ma már

a nemesítés jelentős részben kiküszöbölte. A növény ásványi táplálásával foglalkozó szakirodalmi források száma ugyanakkor elenyésző. Duna-Tisza közti meszes homoktalajon *Lásztity (1986)* végzett műtrágyázási kísérletet, aki jelentős tápelemhatásokról számolt be. A nyírségi savanyú homokon beállított műtrágyázási és meszezési tartamkísérletünkben, Nyírlugoson, már 12 éve monokultúrában termelünk tritikálét (*Kádár és Szemes 2002a*).

Eredményeink szerint e növény a savanyú homokokon folyó gazdálkodásban fontos szerepet tölthet be. Kedvező években termése az országos gabona átlagokat elérheti, de szárazabb években is gazdaságosan betakarítható hozamokat nyújthat, amennyiben gondoskodunk a talaj megfelelő trágyázásáról, valamint a pH 5,5-6,0 körüli fenntartásáról mészsav és magnézium adagolásával. A monokultúrát jól bírja. Mint őszi vetésű növény fedettséget biztosít a homokon, megakadályozza a szél és víz általi eróziót, valamint a tápelemek kimosódását. A kiegyensúlyozott tápanyagellátás kedvező irányban módosítja a növény összetételét is (*Kádár és Szemes 1994, 2002a, b; Kádár et al. 1999*).

Kérdés vajon milyen termésekre képes a tritikále nem kimondottan rozstalajon? Különösen extenzív gazdálkodásban trágyázás nélkül mennyiben képes hasznosítani a kötöttebb búzatalaj eredeti tápanyagtökéjét? Hogyan alakul a trágyaigénye? Hogyan változhatnak meg bizonyos minőségi jellemzői, termésstruktúrája az eltérő tápláltság nyomán? A jelzett problémák vizsgálata céljából Mezőföldön, meszes vályog csernozjom talajon beállított tartamkísérletünk 18. évében tritikálét termesztettünk.

A viszonylag kedvező évjáratban a 18 éve semmilyen trágyázásban nem részesült parcellákon 5,5 t/ha szemtermést, illetve 13,0 t/ha földfeletti légszáraz biomasszát adott. A mérsékelt 100 kg/ha/év N-trágyázással a melléktermés tömege a P-ral kielégítően ellátott talajon elérte a 11 t/ha, az összes földfeletti légszáraz biomassa a 17 t/ha mennyiséget (*Kádár és Bujtás 2004, Kádár 2004*). Ugyanezen a talajon vizsgáltuk, hogy a tritikále hogyan reagál a talajszennyezés, illetve alkalmas lehet-e fitoremediációs célokra. Meghatároztuk az egységnyi vagy fajlagos, azaz az 1 t szemtermés és a hozzátartozó melléktermés elemtartalmát is, melyek alapul szolgálhatnak a tervezett termés elemigényének becsléséhez a szaktanácsadásban (*Kádár és Kastori 2006*).

Kísérletünk 13. évében Presto fajtájú tritikálét termesztettünk. Vetése 1999. október 7-én történt gabonasortávolságra, 5-7 cm mélyre, 300 kg/ha vetőmagnorma felhasználásával. Állománybonítást végeztünk bokrosodásban és virágzás idején. Az aratásra 2000. július 3-án került sor. Kombájnolás előtt parcellánként 8-8 fm = 1-1 m<sup>2</sup> nettó területről mintakévet vettünk a fő- és melléktermés tömegének megállapítása, illetve az analitikai vizsgálatok céljaira. Kísérletben az üzemekben is szokásos agrotechnikát alkalmaztuk.

Az elővetemény őszi árpát 1999. július 1-én arattuk. A tritikále vetéséig eltelt bő három hónap alatt 208 mm eső hullott a fedetlen talajra. Ezt követően októberben 53, novemberben 96, decemberben 42, januárban 31, februárban 19, márciusban 32, áprilisban 53, májusban 20, júniusban 10 mm csapadékot kapott a terület. A tritikále 9 hónapos tenyészideje alatt tehát összesen 356 mm-t. A vetés előtti esők pótolhatták a vizsgált vályogtalaj 160 mm körüli mennyiségre becsült hasznosítható vízkészletét az 1 m rétegben. Amennyiben feltételezzük, hogy a lehullott csapadék döntően a talajba szivárgott és a párolgási veszteségtől eltekintünk. E becslés szerint

mintegy 500-520 mm csapadék állhatott a tritikále rendelkezésére. A májusi és a júniusi aszály azonban a nagyobb magtermés kialakulását megakadályozta.

#### Kísérleti eredmények

A tritikále szalmatermését a javuló K-ellátottság 1 t/ha mennyiséggel növelte. A 200 mg/kg feletti tartomány már terméstöbbletkez nem vezetett. A szemtermésben ezek a hatások nem jelentkeztek a májusi és a júniusi aszály eredményeképpen. Amint az *1. táblázatban* összefoglalt adatokból látható, hogy az összes földfeletti légszáraz biomassza elérte vagy meghaladta a 11 t/ha tömeget. A szem/szalma aránya közelálló volt. A talajvizsgálati adatok és a termés kapcsolata arra enged következtetni, hogy a tritikále „kielégítő” K-ellátottsága 150-200 mg/kg AL-oldható K<sub>2</sub>O-tartalom tartományban lehet.

*1. táblázat: K-szintek hatása a tritikále termésére aratáskor 2000-ben*

AL-K <sub>2</sub> O mg/kg	Szalma t/ha	Szem t/ha	Együtt t/ha
140	4,90	5,27	10,2
184	5,97	5,28	11,2
227	5,93	5,36	11,3
SzD <sub>5%</sub>	0,44	0,40	0,6
Átlag	5,49	5,30	10,8

A szalma Mg-tartalmát egyaránt mérsékelte a K és a B trágyázás. A maximális KB kínálattal a kontrollon mért Mg-tartalom 40 %-kal csökkent. A Na esetén ellentétes irányú hatást tapasztaltunk. A bórax B-trágya Na-ot tartalmaz összetételéből eredően, mely Na-tetraborát só mintegy 11 % B és 13 % Na tartalommal az Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub> x 10H<sub>2</sub>O formula alapján. A B-szinteken nő a szalma Na koncentrációja, míg a K-kínálattal felére zuhan. A KxB kezeléskombinációkban ebből adódóan 4-szeres különbség alakul ki a Na-tartalomban (*2. táblázat*).

A szalma B-tartalma átlagosan a 7-szeresére, a szemtermése mintegy a 3-szorosára nő a B-trágyázás nyomán. A K-trágyázás a B-tartalmakat igazolhatóan nagy tendenciájában mérsékli. A *2. táblázatban* az is megfigyelhető, hogy a szalma B-készlete egy nagyságrenddel haladja meg a szemtermés B-készletét. A B-kontroll talajon ez a különbség 6-szoros, míg a maximális B-terhelésű kezelésekben már 10-13-szoros. Mint ismeretes, a szalma a tartaléktápelemek sülyesztője, illetve a luxusfelvétel szerve. A túlkínálatot a vegetatív szerv képes jobban jelezni, míg a generatív szemtermés genetikailag védettebb a már szükségtelen vagy káros akkumulációval szemben.

2. táblázat: K és B ellátottság hatása a tritikále elemtartalmára, 2000

AL-K <sub>2</sub> O mg/kg	B-szintek, B kg/ha				SzD <sub>5%</sub>	Átlag
	0	40	80	160		
Mg, % a szalmában						
140	1,39	1,14	1,04	0,98	0,04	1,14
184	1,14	1,00	0,98	1,08		1,05
227	1,11	1,14	0,89	0,85		1,00
SzD <sub>5%</sub>			0,04			0,02
Átlag	1,22	1,09	0,97	0,97	0,02	1,06
Na, mg/kg a szalmában						
140	83	87	102	125	36	100
184	55	83	91	58		72
227	32	61	56	55		51
SzD <sub>5%</sub>			45			31
Átlag	57	77	83	80	22	74
B, mg/kg a szalmában						
140	10	22	55	70	25	39
184	9	17	48	67		35
227	9	18	36	51		29
SzD <sub>5%</sub>			14			7
Átlag	9	19	46	63	13	34
B, mg/kg a szemben						
140	1,6	2,6	3,9	5,5	1,4	3,4
184	1,7	2,0	4,1	5,0		3,2
227	1,2	2,0	3,4	5,4		3,0
SzD <sub>5%</sub>			0,8			0,6
Átlag	1,5	2,2	3,8	5,3	0,8	3,2

Megnyilvánul a szalma összetételében a K, Ca, Sr kationok közötti antagonizmus. A N-tartalom a szalmában némileg hígul a javuló terméstömeggel. Adatainkat a 3. táblázat szemlélteti a B és Sr kezelések átlagaiban, amennyiben a B- és Sr-trágyázás a K ilyen irányú hatását igazolhatóan nem befolyásolta.

3. táblázat: K-szintek hatása a szalma K, N, Ca, Sr elemtartalmára

AL-K <sub>2</sub> O mg/kg	K	N	Ca	Sr
	%			mg/kg
140	0,90	0,50	0,28	14
184	0,99	0,46	0,25	12
227	1,05	0,42	0,23	11
SzD <sub>5%</sub>	0,30	0,06	0,02	1
Átlag	0,98	0,46	0,26	12

\*Megjegyzés: A B és a Sr kezelések átlagában

A tritikále átlagos elemösszetételét és elemfelvételét a 4. táblázatban tanulmányozhatjuk. A szemben dúsulnak főként a szemképzés elemei: N, P, S, Mg, Zn, Cu. A szalma akkumulálja a K és Ca makro elemeket, valamint a mikroelemek többségét. Mivel a szalma/szem aránya közelálló, hasonló mennyiségi viszonyokat tükröz az aratáskori elemfelvétel is. A kombájnolt szemterméssel a talaj főként N, P, Zn és Cu elemekben szegényedik. A fajlagos vagy egységnyi, azaz 1 t szemtermés és a hozzátartozó melléktermés elemtartalma az alábbiak szerint alakult: 26-50-18-4-4 = N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O-CaO-MgO kg/t. Adataink felhasználhatók a tritikále elemigényének számításában a szaktanácsadáskor. Megemlítjük, hogy az As, Hg, Pb, Se, Co nyomelemek általában a 0,1 mg/kg kimutatási határ alatt voltak a szemben és a szalmában, felvételük tehát a g/ha mennyiség alatt lehetett.

4. táblázat: A tritikále átlagos összetétele és elemfelvétele betakarításkor

Elem jele	Mértékegység	Elemösszetétel		Mértékegység	Elemfelvétel		
		Szalma	Szem		Szalma	Szem	Együtt
N	%	0,60	1,98	kg/ha	33	105	138
K	%	0,98	0,49	kg/ha	54	26	80
Ca	%	0,26	0,04	kg/ha	14	2	16
Mg	%	0,11	0,13	kg/ha	6	7	13
P	%	0,07	0,34	kg/ha	4	18	22
S	%	0,13	0,17	kg/ha	7	9	16
Mn	mg/kg	100	50	g/ha	550	265	815
Fe	mg/kg	90	40	g/ha	495	212	707
Na	mg/kg	74	9	g/ha	407	48	455
Al	mg/kg	70	4	g/ha	385	21	406
Sr	mg/kg	12	2	g/ha	66	11	77
Ba	mg/kg	12	1	g/ha	66	5	71
Ba	mg/kg	10	3	g/ha	55	16	71
Zn	mg/kg	4	13	g/ha	22	69	91
Cu	mg/kg	3	5	g/ha	16	26	42
Mo	mg/kg	0,16	0,14	g/ha	0,88	0,74	1,6
Cd	mg/kg	0,06	0,18	g/ha	0,33	0,95	1,3
Ni	mg/kg	0,06	0,06	g/ha	0,33	0,32	0,6
Cr	mg/kg	0,05	0,03	g/ha	0,28	0,16	0,4

Megjegyzés: 5,5 t szalma és 5,3 t szem átlagos tömeggel számolva. Az As, Hg, Pb, Se, Co általában 0,1 mg/kg méréshatár alatt.

Az NH<sub>4</sub>-acetát+EDTA oldható B-készlet a szántott rétegben igazolhatóan nőtt a B-trágyázással, az oldható K-tartalom a K-trágyázással. A 67 kg/ha Sr hatása is igazolható a 8. év után az oldható Sr-tartalom növekedésében, illetve az antagonista Na kation koncentrációjának csökkenésében. Ami az egyéb vizsgált elemek átlagos tartalmát illeti a szántott rétegben, a kísérlet talaja az alábbi adatokkal jellemezhető e módszer szerint: Ca 1,8 %; Mg 393, Mn 343, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 124, Al 76, Fe 72, Ba 19, S 18, Ni és Pb 3, Co és Cu 2, Zn 1, Se 0,2 mg/kg. Az As, Hg, Cd, Cr, Mo általában 0,1 mg/kg



méréshatár alatt maradt. Megemlítjük még, hogy e talajon az ammóniumlaktát-ecetsavas (AL)oldható K-tartalom jó egyezést mutat az NH<sub>4</sub>-acetát+EDTA kivonattal. NH<sub>4</sub>-acetát+EDTA oldható P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tartalmat 1,7 faktorral kell szorozni, hogy az AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> egyenértékhez jussunk (5. táblázat).

Mészlepedékes csernozjom vályogtalajon, az MTA TAKI Nagyhörcsök Kísérleti Telepén Mezőföldön vizsgáltuk a K és B, Sr elemek közötti kölcsönhatásokat 2001-2004. között lucernában. Telepítés előtt 400 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> alaptrágyát adtunk szuperfoszfát formájában. A K-szinteket megismételt 0, 1000, 2000 K<sub>2</sub>O, a B-szinteket megismételt 0, 20, 40, 60 kg/ha B, a Sr-szinteket 67 kg/ha Sr adaggal állítottuk be. Műtrágyaként 60 %-os KCl-ot, 11 %-os bóraxot és 33 %-os SrCl<sub>2</sub> x 6H<sub>2</sub>O sőt alkalmaztunk. Főparcellánként 3K-kezelés, alparcellánként 4B-kezelés, al-alparcellánként 2Sr-kezelés szolgált 24 kezeléssel x 3 ismétlésben = 72 parcellával osztott parcellás elrendezésben.

5. táblázat: A K, a B és a Sr trágyázás hatása a szántott réteg NH<sub>4</sub>-acetát+EDTA oldható elemtartalmára a kísérlet 13. évében, 2000-ben

B-szintek	Bór	K-szintek	K <sub>2</sub> O	Na	Sr-szintek	Sr	Na
kg/ha	mg/kg	kg/ha	mg/kg		kg/ha	mg/kg	
0	2,5	0	146	22	0	36	23
40	3,1	2000	180	21	67	40	17
80	3,4	4000	228	17	-	-	-
160	3,7	-	-	-	-	-	-
SzD <sub>5</sub> %	0,3	SzD <sub>5</sub> %	20	3	SzD <sub>5</sub> %	2	2
Átlag	3,2	Átlag	185	20	Átlag	38	20

Egyéb elemek átlagos tartalma: Ca 1,8 %, Mg 393, Mn 343, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 124, Al 76, Fe 72, Ba 19, S 18, Ni és Pb 3, Co és Cu 2, Zn 1, Se 0,2 mg/kg. Az As, Hg, Cd, Cr, Mo általában 0,1 mg/kg méréshatár alatt

### Összefoglalás

A kísérlet beállításakor 1987 őszen a szántott réteg 5 % CaCO<sub>3</sub>-ot, 3 % humuszt, 20 % agyagot tartalmazott. A pH(H<sub>2</sub>O) 7,8; pH(KCl) 7,3; AL-K<sub>2</sub>O 180-200, AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 100-120, KCl-oldható Mg 110-150, KCl+EDTA oldható Mn 60-80, Cu és Zn 1-2 mg/kg értékkel volt jellemezhető. A termőhely kielégítő K, Ca, Mg; közepes N és P; valamint gyenge Zn és Cu ellátottságú. A talajvíz szintje 13-15 m mélyen található, a terület aszályérzékeny. Az átlagos középhőmérséklet 11 °C, az éves csapadékösszeg 400-600 mm közötti egyenetlen eloszlással. Főbb megállapítások, levonható tanulságok:

- A tritikále szalmatermése 1 t/ha mennyiséggel nőtt a javuló K-ellátottsággal. A generatív fejlődési fázisban fellépő aszály miatt a szemtermés nem változott. A „kielégítő” K-ellátottság 150-200 mg/kg AL-oldható K<sub>2</sub>O tartalomhoz köthető a szántott rétegben. A B és a Sr kezelések a termés tömegét nem befolyásolták.

- A növekvő talajbani K-kínálattal mérséklődött a Mg, Na, B, Ca, Sr elemek beépülése a szalmába. A B-trágyázás hatására többszörösére emelkedett a szalma és a szem B-tartalma, nőtt a Na és csökkent a Mg koncentrációja a szalmában.
- A szemtermésben dúsult a N, P, S, Mg, Zn, Cu, míg a szalma akkumulálta a K és Ca makro elemeken túl a vizsgált mikroelemek többségét. Az 1 t szem és a hozzátartozó melléktermés egységnyi vagy fajlagos elemtartalma 26-50-18-4-4 = N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O-CaO-MgO kg/t volt. Adataink felhasználhatók a tritikále elemigényének (tervezett termés) számításakor a szaktanácsadásban.
- Az NH<sub>4</sub>-acetát+EDTA oldható B-készlet igazolhatóan nőtt 8-9 év után a B-trágyázással, K-készlet a K-trágyázással, Sr-tartalom a Sr adaggal a szántott rétegekben. A hagyományos AL-K<sub>2</sub>O tartalom jó egyezést mutat ezen a talajon az NH<sub>4</sub>-acetát+EDTA oldható tartalommal.

#### 4.11. Koronafürt 2001-2004. években

##### Bevezetés és irodalmi áttekintés

A koronafürt évelő pillangósvirágú takarmánynövény, a Fabaceae (Hüvelyesek) család tagja. Magyarországon őshonos. Elterjedt Közép- és DK- Európában, valamint Közép-Ázsiában. Nálunk réteken, legelőkön, kopárosokon, árokszálen gyakori. Sokáig gyomként kezelték, mérgezőnek is tartották. Az 1950-es évek elején felkarolták az USA-ban. Ahova a lucerna gyomnövényként került Európából, majd onnan kultúrnövényként került vissza, jegyzi meg *Máté (2005)*.

A növény gyengébb talajokon is 5-6 t/ha/év szénatermést adhat a lucernával azonos vagy hasonló nyersfehérje és nyersrost tartalommal. Szárazságtűrő és télálló. Betegségei, kártevői gyakorlatilag nincsenek, az aranka nem támadja meg. Hosszú élettartamú, legeltethető juhokkal, kecskékkal és marhákkal. Tűri a rágást, tiprást és nem okoz felfűvődést. Biztos magtermő 0,5 t/ha hozammal, a házi méhek is megtermékenyítik (*Bócsa et al. 1980*).

Kiváló talajeróziógátló növény. Az USA-ban már 1947-ben autópálya részsűkre telepítik Pennsylvaniában. Kidolgozták a termesztés agrotechnikáját, vizsgálták a növény talajokkal szembeni igényét, trágyaigényét, mint pl. a pH, talajkötöttség, nedvesség, tápelemellátottság stb. (*Grace és Grau 1952, Grau 1968, Hanson 1963, Sheard 1971 stb*). Ma már szinte minden államban termelik. Tartalmaz ugyan toxikus  $\beta$ -nitro-propionsavat, mely azonban a kérődzők bendőjében elbomlik. Hátránya még, hogy az első évben nem ad kielégítő termést, mert a kezdeti fejlődése lassú. Kelése kb. 1 hónapot vesz igénybe, de kiváló nyári legelőnek, amikor a gyepek már kiégtek.

A növény dívik a meleg, száraz déli lejtőkön. Nem való a pangóvizes, nedves területekre, futóhomokra, szikesekre. Mint a többi pillangós, főként mész- és foszforigényes kultúra. Itthon *Máté (1983 a,b,c)* vizsgálta a talajokkal szembeni igényét megállapítva, hogy a savanyú homokon meszezés nélkül nem telepíthető, mert kipusztul. Meghatározó a P-trágyázás a termésnövelés szempontjából, mert a gyenge P-ellátottságú talajon a koronafürt rövidéletű lehet. A szerző tenyészedény és szabadföldi kísérleteket is végzett igazolva, hogy kötöttebb humuszosabb talajokon a N és K érdemi hatást nem gyakorol a termésre.

Jelen munkánkban, kísérletünk 14-17. éveiben a KxBxSr trágyázás hatását vizsgáljuk a koronafürt termésére és összetételére. Hasonló vizsgálatok hazánkban ezzel a növényvel még nem folytak. Az első évben napraforgót termesztettünk. A B-trágyázás tőszámcsökkenést okozott, melyet a K-trágyázással ellensúlyozni lehetett. A második évben termesztett kukorica szem-és szártermése 1,5 t/ha mennyiséggel lett kisebb a maximális B-terhelés nyomán. A termésdepresszió, illetve mérgezés akkor következett be, amikor a B koncentrációja a 4-6 leveles hajtásban elérte a 70-80, a virágzáskori levélben a 100 mg/kg határértéket. A K-feltöltés részben ellensúlyozta a B-toxicitást. A harmadik évben a K és a B kezelések nem befolyásolták a tavaszi repce fejlődését, termését. A megismételt K és B terhelési szintek sem módosították a lucerna termését 2001-2004. között, a cirok termését 1995-ben. A növények elemösszetétele viszont változott (Kádár 2011, 2012; Kádár és Csathó 2011, 2012).

A koronafürt vetése 2001. május 2-án történt 1-2 cm mélyre, 24 cm sortávra, 120 db/fm, illetve 15 kg/ha vetőmagnormával a Kompolton kiadott Telepítési Útmutató szerint (Anonym 1985). Az aszályos május folyamán a feltalaj teljesen kiszáradt, a magvak nem csíráztak. Újravetésre került sor ezért június végén. Az állományt bonitáltuk fejlettségre, majd fűkaszával takarítottuk be  $4,9 \times 2,1 = 10,3 \text{ m}^2$  parcellánkénti nettó területről. A lekaszált anyagból átlagmintát vettünk parcellánként 20-20 helyről véletlenszerűen gyűjtve 1-1 marokkal. az átlagmintáknak mértük a friss, majd a légszáraz tömegét és a durva, illetve finom őrlés (homogenizálás) után a laboratóriumba szállítottuk analízisre a kalászonkénti 72 db őrleményt. A kísérletben végzett főbb agrotechnikai műveletekről és a vonatkozó módszertani megjegyzésekről az 1. táblázat nyújt áttekintést.

1. táblázat: Főbb agrotechnikai műveletek és megfigyelések, 2001-2004

Műveletek megnevezése	Időpont	Egyéb megjegyzés
1. Őszi műtrágyázás (N, P)	2000.09.14.	Parcellánként kézzel
2. Őszi mélyszántás (25-30 cm)	2000.09.14.	MTZ-50 + Lajta eke
3. Tavaszi N-műtrágyázás	2001.03.12.	Parcellánként kézzel
4. Fogasolás	2001.03.12.	MTZ-50+fogas
5. Vetőágykészítés	2001.05.02.	MTZ-50+kombinátor
6. Vetés+hengerezés	2001.05.02.	MTZ-50+vetőgép
7. Vetés+hengerezés (újra vetve)	2001.06.25.	MTZ-50+ vetőgép
8. Bonitálás fejlettségre	2001.11.05.	Parcellánként 1-5 skálán
9. Kaszálás (fűkasza)	2001.11.05.	Parcellánként $4,9 \times 2,1 = 10,3 \text{ m}^2$
10. Minták szárítása, darálása	2001.12.20.	Parcellánkénti átlagminták

Fajta: Kompolti tarka koronafürt 1-2 cm mélyre vetve 24 cm sortávra, 120 db/fm, illetve 15 kg/ha vetőmag mennyiséggel. Vetést követően simahengerezés.

Csapadékellátottság. Az elővetemény tritikále kiszárította a talajt, de a betakarítását követően a 2000. év II. felében még 221 mm, majd a koronilla újra vetéséig 2001-ben 217 mm eső hullott a növényvel lényegében nem fedett talajra. Az így számított 438 mm csapadék feltölthette e vályogtalaj 1 m rétegének 160 mm

hasznosítható (DV) vízkészletét. Az újravetést követően júliusban 80, augusztusban 129, szeptemberben 113, októberben 0 mm csapadékban részesült a terület, tehát a jó négyhónapos tenyészidő alatt az 1. kaszálás idejéig 322 mm-t. A 2000-2004. évek havi és éves csapadékösszegeit, valamint összevetésképpen a kísérleti telepen mért 48 éves átlag adatait a 2. táblázat foglalja össze. A 2000. év csapadékban szegény volt, míg a 2001. és a 2004. év viszonylag gazdag, amint a táblázat adatai mutatják.

2. táblázat: A havi és éves csapadékösszegek 2000-2004. években, mm

Vizsgált Hónapok	Vizsgált évek					Sokéves átlag*
	2000	2001	2002	2003	2004	
I.	31	44	11	29	32	29
II.	19	0	18	34	46	29
III.	32	62	14	5	61	32
IV.	53	47	41	22	88	43
V.	20	17	55	30	28	46
VI.	10	47	32	18	113	71
VII.	44	80	64	88	38	56
VIII.	11	129	84	25	26	60
IX.	43	113	65	27	17	47
X.	32	0	32	92	59	41
XI.	34	57	32	39	58	53
XII.	57	25	28	16	41	41
Összesen	384	622	476	425	607	540

\*Kísérleti telepen mért 48 éves átlag

#### Kísérleti eredmények

A koronafürt hozamait vizsgálva megállapítható, hogy az első évben 1, a következő években 2-2 kaszálásra került sor. Legnagyobb átlagos szénatermést 6 t/ha légszáras tömeggel a 2. év 1. vágása produkálta. Legkisebb szénatermést az 1. évben nyertük 1,9 t mennyiséggel. A zöld átlagtermés 10-28 t/ha között változott ugyanezekben az időkben. A 3. táblázatban az is megfigyelhető, hogy a talaj javuló K-kínálatával tendenciájában vagy igazolhatóan emelkedik a zöld és a szénatermés tömege, míg a légszáranyag %-a mérséklődik.

Ismert, hogy a K fiatalít, növeli a vízfelvételt és a szárazságtűrést egyaránt. Úgy tűnik a koronafürt K-igényes, hiszen a 200 mg/kg feletti AL-K<sub>2</sub>O tartalomra is terméstöbblettel reagálhat. Az aratáskori állomány légszáranyag %-a igen tág határok között, 15-38 % között ingadozott az egyes kaszálások idején. A friss termés hozama a 4 év, illetve 7 kaszálás összegében 110-120 t/ha, a szénahozam 21-24 t/ha (átlagosan 22,3 t/ha) mennyiséget tett ki.

3. táblázat: K-ellátottság hatása a koronafürt kaszálásonkiéti termésére 2001-2004.

AL-K <sub>2</sub> O mg/kg	2001 11.05.	2002		2003		2004		Összesen 7 vágás
		06.03.	08.22.	06.03.	09.23.	05.19.	07.09.	
Zöld termés, t/ha								
140	9	26	9	11	2	21	22	100
184	10	28	10	12	3	25	24	112
227	10	30	10	14	3	27	26	120
SzD <sub>5%</sub>	1	2	1	2	1	3	2	6
Átlag	10	28	10	12	3	24	24	111
Légszárazanyag, %								
140	20	22	23	28	38	16	19	24
184	19	22	22	27	38	15	18	23
227	18	21	21	26	37	15	17	22
SzD <sub>5%</sub>	1	1	1	1	1	1	1	1
Átlag	19	22	22	27	38	15	18	23
Légszáraz széna, t/ha								
140	1,9	5,8	2,0	3,0	0,9	3,4	4,1	21,1
184	1,9	6,1	2,1	3,2	1,0	3,7	4,2	22,2
227	1,9	6,2	2,1	3,5	1,2	4,0	4,5	24,4
SzD <sub>5%</sub>	0,2	0,6	01	06	0,2	0,4	0,4	0,8
Átlag	1,9	6,0	2,1	3,2	1,1	3,7	4,3	22,3

Megjegyzés: AL-oldható K<sub>2</sub>O tartalom vizsgálata 2000-ben (szántott réteg)

A talaj K-kínálata nemcsak a termésre hatott, hanem az egyéb vizsgált kationok beépülésére is a szénában (4. táblázat).

A K-tartalom minden kaszálás szénájában látványosan emelkedik. A 2. kaszálás előregedő, 38 % légszárazanyag tartalmú anyagában 1 % alá csökken a K-kontroll talajon, de a K-trágyázással 1,63 %-ra emelkedik. Maximális 3,22 %-os K-tartalom 2002-ben az 1. kaszáláskor mérhető a fiatal állományban és a legnagyobb K-ellátottságú parcellákon. Itt lecsökken az antagonista Ca mennyisége 1,51 %-ra, míg az említett előregedő, K-szegény állományban 2003. szeptember 23-án 4,19 %-ra emelkedik (4. táblázat).

A Mg koncentrációja szintén mérséklődik a K-kínálattal a Ca-hoz hasonlóan az előregedő szénában dúsul 0,8 % fölé emelkedve, míg a fiatal 1. kaszálású állomány szénájában 0,3 % alatt marad. Az átlagos K/Ca aránya a fiatal szénában 1,5. Ugyanitt a K/Mg aránya 9,0. Az előregedő széna K/Ca aránya 0,3-ra esik, a K/Mg aránya pedig 1,7-re. A K-túlsúly mértéke a széna élettani korát jellemzi, a fiatal aktív vízbő szövetek meglétét. Megnyilvánul a K-Na antagonizmus is, a növekvő K-kínálattal a széna Na-tartalma rendre visszaszorul. Hasonló jelenség figyelhető meg a K-Sr kationok viszonylatában. A Sr a Ca kísérőeleme kőzetekben, ásványokban és az élő szövetekben egyaránt. Ebből kifolyólag szintén jellemezheti az állomány élettani állapotát. A fiatal szénában 50-60 mg/kg körüli mennyiségben, míg az előregedő állományban 150-160 mg/kg közötti Sr-tartalmat találunk (4. táblázat).

4. táblázat: K-ellátottság hatása néhány elem tartalmára a 2001-2004. években

AL-K <sub>2</sub> O mg/kg	2001-ben	2002-ben		2003-ban		2004-ben	
	1. vágás	1. vágás	2. vágás	1. vágás	2. vágás	1. vágás	2. vágás
K %							
140	1,90	1,75	1,88	1,44	0,86	1,88	1,55
184	2,55	2,32	2,45	1,72	1,14	2,28	2,02
227	3,08	3,22	3,03	2,20	1,63	2,80	2,68
SzD <sub>5%</sub>	0,10	0,11	0,24	0,16	0,32	0,48	0,17
Átlag	2,51	2,43	2,45	1,79	1,21	2,32	2,09
Ca %							
140	3,09	1,78	3,16	1,78	4,19	1,77	2,08
184	2,45	1,55	3,17	1,76	4,09	1,61	2,02
227	1,88	1,51	2,93	1,60	3,84	1,55	1,83
SzD <sub>5%</sub>	0,25	0,22	0,24	0,44	0,22	0,20	0,16
Átlag	2,47	1,61	3,09	1,72	4,04	1,64	1,97
Mg %							
140	0,38	0,29	0,58	0,32	0,84	0,23	0,31
184	0,33	0,29	0,51	0,28	0,72	0,22	0,28
227	0,26	0,24	0,42	0,25	0,61	0,21	0,23
SzD <sub>5%</sub>	0,05	0,04	0,05	0,07	0,09	0,02	0,05
Átlag	0,32	0,27	0,50	0,28	0,72	0,22	0,27
Na mg/kg							
140	35	19	38	16	9	9	16
184	24	9	38	15	5	10	10
227	15	9	38	10	7	8	14
SzD <sub>5%</sub>	6	4	2	6	2	3	5
Átlag	25	12	38	14	7	9	14
Sr mg/kg							
140	98	56	99	60	164	55	74
184	95	60	92	58	154	51	70
227	92	54	86	55	150	50	64
SzD <sub>5%</sub>	6	6	9	5	9	6	6
Átlag	95	56	92	58	156	52	69

A B-trágya szemmel láthatóan igen hatásos még a bevitel után 10-15 évvel is. A trágyázatlan talajon 22-50 mg/kg között változik a széna B-tartalma, míg a maximális B-terhelésű talajon 54-372 mg/kg tartományban, igen széle sávban. Megfigyelhető az a törvényszerűség, hogy a 2. vágású, idősebb állomány halmozza fel a nagyobb mennyiséget. Az előregedő, 2003. szeptember 23-án aratott szénában extrém nagy akkumuláció jelentkezik. A kis termés betöményedik. A koronafürt B-tűrése kiváló, hisz termésdepresszió nélkül képes ilyen mennyiségű B-t felhalmozni (5. táblázat).

5. táblázat: B-kezelések hatása a légsz. koronafürt B-tartalmára, mg/kg (2002-2004)

B-adag kg/ha	2001-ben	2002-ben		2003-ban		2004-ben	
	1. vágás	1. vágás	2. vágás	1. vágás	2. vágás	1. vágás	2. vágás
0	23	25	32	26	50	22	42
40	50	36	48	42	100	41	66
80	70	48	75	82	239	72	170
160	89	54	89	100	372	95	209
SzD <sub>5%</sub>	12	6	12	19	84	10	33
Átlag	58	41	61	62	190	57	122

Ismert, hogy a kétszikűek B-készlete nagyobb, mint az egyszikűeké. A pillangósok különösen B-igényesnek minősülnek. A B-igényes növényeknek genetikailag nagyobb a B-tűrése a B-mérgezéssel, B-akkumulációval szemben. Kérdés, hogy a legelő állatok mennyiben viselik el a hasonló B-terhelést, mely bélgyulladást, végtagbénulást okozhat emberben és állatban. Esszencialitása egyértelműen nem bizonyított emberre és állatra, toxicitása viszont igen.

A Sr-trágyázás a növény Sr-tartalmát a 9-12. év után igazolhatóan már nem növelte. Kimutatható volt viszont Sr-Na kation antagonizmus eredményeképpen általában a Na-csökkentő effektus tendenciájában vagy statisztikailag is igazolhatóan a 6. táblázat adatai szerint.

6. táblázat: Sr-kezelés hatása a légsz. koronafürt Na-tartalmára, mg/kg (2002-2004)

Sr kg/ha	2001-ben	2002-ben		2003-ban		2004-ben	
	1. vágás	1. vágás	2. vágás	1. vágás	2. vágás	1. vágás	2. vágás
0	30	10	37	18	9	10	17
67	20	14	39	9	5	8	12
SzD <sub>5%</sub>	7	5	2	5	2	3	4
Átlag	25	12	38	14	7	9	14

A szénát kaszálásonként 6 makro és 18 mikroelemre vizsgáltuk. Két ízben a NO<sub>3</sub>-N koncentrációit is meghatároztuk. Eredményeinket a 7. táblázat foglalja össze. A táblázatban látható hogy a N kereken 2,8-4,0 % között ingadozhat, a P 0,17-0,46 %-ot; a S 0,21-0,56 %-ot érhet el. A koronafürt a pillangós takarmányokhoz hasonlóan tehát gazdag a N, K, Ca, Mg, P, S makro elemekben. A vizsgált mikroelemek közül a Mn 43-156, Zn 12-18, Ba 3-9, Ni 0,10-3,32; Mo 0,29-1,29; Cr 0,10-1,12 mg/kg koncentráció tartományban ingadozott. A NO<sub>3</sub>-N 2,6-3,0 mg/kg mennyiséget mutatott, tehát kedvezően kevés mennyiséget akkumulált a széna.

A lucerna optimális összetétele kaszálások idején, zöldbimbós állapotban az alábbi lehet *Bergmann (1992)* és *Simkins (1970)* szerint: N 2-5, K 2-4, Ca 1-3, Mg 0,3-0,8; P és S 0,3-0,7 %. Ami a mikroelemeket illeti: Fe és Al 30-200, Mn 30-100, B 35-80, Zn 20-70, Cu 5-15, Mo 0,5-2,0 mg/kg. Úgy tűnik, a lucernára megállapított diagnosztikai ellátottsági határkoncentrációk alkalmasak lehetnek a hasonló

fejlődési stádiumban található koronafürtre is. A lucerna optimumait korábban ellenőriztük kísérleteinkben (Kádár 2009).

**7. táblázat:** A tarka koronafürt átlagos összetétele kaszálásonként 2001-2004-ben

Elem jele	Mértékegység	2001-ben	2002-ben		2003-ban		2004-ben	
		1. vágás	1. vágás	2. vágás	1. vágás	2. vágás	1. vágás	2. vágás
N	%	3,71	2,81	3,74	3,29	3,97	3,84	3,42
K	%	2,51	2,43	2,45	1,79	1,21	2,32	2,09
Ca	%	2,47	1,61	3,09	1,72	4,04	1,64	1,97
P	%	0,38	0,33	0,34	0,30	0,17	0,46	0,34
Mg	%	0,32	0,27	0,50	0,28	0,72	0,22	0,27
S	%	0,21	0,21	0,31	0,32	0,56	0,30	0,23
Fe	mg/kg	434	294	168	153	475	164	60
Al	mg/kg	398	188	115	94	486	72	23
Mn	mg/kg	137	43	104	50	156	50	52
Sr	mg/kg	95	56	92	58	156	52	69
Na	mg/kg	25	12	38	14	7	9	14
B	mg/kg	23	22	42	26	50	25	32
Zn	mg/kg	15	12	18	14	13	18	16
Cu	mg/kg	7	6	8	6	6	7	6
Ba	mg/kg	6	3	7	4	9	3	5
Ni	mg/kg	1,36	1,14	0,10	3,32	0,71	2,52	1,27
Mo	mg/kg	0,65	0,72	0,53	1,15	0,29	1,29	0,80
Cr	mg/kg	0,58	0,37	0,52	0,31	0,56	1,12	0,10
Pb	mg/kg	0,55	0,99	0,75	0,44	0,56	<0,10	<0,10
Co	mg/kg	0,20	0,14	0,15	0,12	0,18	0,13	0,07
Cd	mg/kg	0,12	0,08	<0,10	0,10	<0,10	0,08	0,08
Se	mg/kg	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
As	mg/kg	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Hg	mg/kg	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
NO <sub>3</sub> -N	mg/kg	3,03	-	-	-	-	-	2,60

A tápelemfelvétel maximuma a 2. év 1. kaszálásában jelentkezett 2002-ben, amikor a 6 t/ha szénával 169 kg N, 146 kg K (175 kg K<sub>2</sub>O) 97 kg Ca (136 kg CaO), 20 kg P (45 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 16 kg M (27 kg MgO) mennyiségével szegényedett a talaj. A N kivételével, melyet alapvetően a levegőből kötött meg a növény és a visszamaradó gyökér N-készletével a talaj humusz és N-készlete gyarapodhat. A 4 év alatt a 7 kaszálás szénája 756 kg N, 491 kg K, 454 kg Ca, 78 kg P, 69 kg elemi Mg és 61 kg S elemet akkumulált. Ami a mikroelemeket illeti. A Fe kereken mintegy 5 kg, Al 3 kg, Mn és Sr 1,5-1,5 kg mennyiségnek adódott. A 4 év alatt felvett B 632 g, Zn 333 g, Cu 144 g, Ni 36 g, Mo 19 g, Cr és az Pb 10 g, Co 3 g, Cd 1,6 g tömeget tett ki. Az As, Hg, Se általában a g/ha méréshatár alatt maradt (8. táblázat).

Az 1 t szénatermés átlagos/fajlagos elemtartalma a 8a. táblázat adatai alapján kereken 34 kg N, 22 kg K (26 kg K<sub>2</sub>O), 20 kg Ca (28 kg CaO); 3,5 kg P (8 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>);



3,1 kg Mg (5 kg MgO); 2,7 kg S; 216 g Fe, 149 g Al, 66 g Mn, 70 g Sr, 16 g Na, 28 g B, 15 g Zn, 6-7 g Cu és 4-5 g Ba mennyiségnek adódott ezen a talajon. Adataink felhasználhatók a tervezett termés elemigényének számításában a szaktanácsadásban. A nagy fajlagos N-tartalom természetesen nem jelent trágyaigényt, amennyiben a koronafűrt N-igényét alapvetően a légkörből fedezheti. Megjegyezzük, hogy érthetetlen miért ajánl a növénytermesztő az „igen jól” ellátott talajon, a 180-450 mg/kg AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, illetve 180-650 mg/kg AL-K<sub>2</sub>O mellett (mely valójában a „káros” túlsúlyt jelöli), míg 12-23 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, illetve 11-13 kg K<sub>2</sub>O hatóanyagot minden tervezett szénatermés előállításához. Ott, ahol a P és K adagolást szüneteltetni kellene a talajtermékenység helyreállítása érdekében (Máté 2005, in Antal 2005).

**8. táblázat:** A tarka koronafűrt átlagos légszáraz termése és elemfelvétele kaszálásonként, 2001-2003 között

Elem jele	Mértékegység	2001	2002-ben		2003-ban		2004-ben		Együtt 7 vágás
		1. vágás	1. vágás	2. vágás	1. vágás	2. vágás	1. vágás	2. vágás	
Széna	t/ha	1,9	6,0	2,1	3,2	1,1	3,7	4,3	22,3
N	kg/ha	70	169	79	105	44	142	147	756
K	kg/ha	48	146	51	57	13	86	90	491
Ca	kg/ha	47	97	65	55	44	61	85	454
P	kg/ha	7	20	7	10	2	17	15	78
Mg	kg/ha	6	16	10	9	8	8	12	69
S	kg/ha	4	13	7	10	6	11	10	61
Fe	g/ha	825	1764	353	490	522	607	258	4819
Al	g/ha	756	1128	242	301	535	266	99	3327
Mn	g/ha	260	258	218	160	172	185	224	1477
Sr	g/ha	180	336	193	186	172	192	297	1556
Na	g/ha	48	72	80	45	8	33	60	346
B	g/ha	44	132	88	83	55	92	138	632
Zn	g/ha	28	72	38	45	14	67	69	333
Cu	g/ha	13	36	17	19	7	26	26	144
Ba	g/ha	11	18	15	13	10	11	22	100
Ni	g/ha	2,6	6,8	<0,2	10,6	0,8	9,3	5,5	35,6
Mo	g/ha	1,2	4,3	1,1	3,7	0,3	4,8	3,4	18,8
Cr	g/ha	1,1	2,2	1,1	1,0	0,6	4,1	<0,2	10,1
Pb	g/ha	1,0	5,9	1,6	1,4	0,6	<0,2	<0,2	10,5
Co	g/ha	0,4	0,8	0,3	0,4	0,2	0,5	0,3	2,9
Cd	g/ha	0,2	0,5	<0,2	0,3	<0,2	0,3	0,3	1,6

Megjegyzés: As, Hg, Se általában g/ha méréshatár alatt

8a. táblázat: A tarka koronafűrt átlagos légszáraz termése és elemfelvétele kaszálásonként, 2004-ben és a 4 év alatt kapott 7 vágás együtt

Elem jele	Mértékegység	2004-ben		Összesen a 7 vágás (2001-2004)
		1. vágás	2. vágás	
Széna	t/ha	3,7	4,3	22,3
N	kg/ha	142	147	756
K	kg/ha	86	90	491
Ca	kg/ha	61	85	454
P	kg/ha	17	15	78
Mg	kg/ha	8	12	69
S	kg/ha	11	10	61
Fe	g/ha	607	258	4819
Al	g/ha	266	99	3327
Mn	g/ha	185	224	1477
Sr	g/ha	192	297	1556
Na	g/ha	33	60	346
B	g/ha	92	138	632
Zn	g/ha	67	69	333
Cu	g/ha	26	26	144
Ba	g/ha	11	22	100
Ni	g/ha	9,3	5,5	35,6
Mo	g/ha	4,8	3,4	18,8
Cr	g/ha	4,1	<0,2	10,1
Pb	g/ha	<0,2	<0,2	10,5
Co	g/ha	0,5	0,3	2,9
Cd	g/ha	0,3	0,3	1,6

A 9. táblázatban a koronafűrt, lucernaszéna és a pillangósnélküli gyep takarmányértékének mért jellemzőit hasonlítjuk össze Győri Zoltán vizsgálatai alapján. A pillangósnélküli gyepszéna minimum értékei a 0 kg/ha/év N, maximum értékei a 300 kg/ha/év N adagú parcelláit reprezentálják a mészlepedékes csernozjom talajunkon. A nyersfehérje, nyersrost, nyersshamu és a nyerszsír a légszáraz széna %-ában, míg az aminosavak a fehérje %-ában vannak megadva. A koronafűrt takarmányértékének mutatóit a standardnak tekintett lucerna %-ában is feltüntettük a jobb áttekinthetőség céljából. Látható, hogy a lucernához viszonyítva a koronafűrt szénafehérjéje rendkívüli szegény tisztin, illetve rendkívül gazdag prolamin és asparagin aminosavakban. A többi vizsgált aminosavakat tekintve az eltérés nem jelentős, 10-20 % közötti.

A pillangósnélküli 7 komponensű gyepszéna összetétele tág határok között ingadozott a N-kínálat függvényében. A bőséges N-trágyázással a gyepszéna nyersfehérje és nyersshamu %-a elérheti a pillangós lucerna és koronafűrt szénákban mért értékeket. A fehérje aminosav tartalma a N-adagolással akár a többszörösére is nőhet a gyepszénában. Ez alól kivételt a triptofán jelentett, melynek koncentrációja a bőséges N(PK) kínálattal a felére csökkent. A többi vizsgált aminosav mennyisége a

fehérjében gyakran megközelítette vagy el is érte a standard lucerna fehérjében mértet. Sőt, a GLY, LEU, GLUE, ILE, VAL, HIS aminosavak mennyisége a N-trágyázással meg is haladta a lucerna fehérje értékeit a 9. táblázatban bemutatott eredmények alapján.

**9. táblázat:** A koronafűrt, a lucernaszéna és a pillangósnélküli 0 és 300 kg/ha/év N-trágyázott gypszéna takarmányértékének összehasonlítása (Dr. Győri Zoltán vizsgálata, DATE, Debrecen)

Mért jellemző	Lucerna 2004.07.12.	Koronafűrt 2004.05.19.	Koronafűrt a lucerna %-ában	*Gypszéna 2001.05.23.
Légszáraz anyag, %				
Ny.fehérje %	18,8	24,2	129	6,4-18,3
Ny.rost %	16,8	21,1	126	30,3-32,2
Ny.hamu %	9,4	8,4	89	6,4-8,6
Ny.zsír %	2,2	1,6	73	1,8-2,6
Fehérje %-ában				
CYS	0,11	0,02	18	0,02-0,09
MET	0,18	0,15	83	0,07-0,18
TYR	0,71	0,61	86	0,26-0,45
GLY	1,12	0,98	88	0,54-1,85
THR	1,00	0,88	88	0,46-0,98
LEU	1,61	1,44	89	0,69-1,66
GLU	2,47	2,27	92	1,08-2,65
LYS	1,50	1,40	93	0,67-1,07
ALA	1,32	1,24	94	0,55-0,40
ILE	0,79	0,75	95	0,33-0,73
SER	1,07	1,08	101	0,33-0,72
PHE	1,10	1,12	102	0,42-1,01
VAL	1,00	1,08	108	0,56-1,13
HIS	0,95	1,04	109	0,38-1,12
ARG	0,87	0,96	110	0,38-0,89
PRO	0,31	0,72	232	0,26-0,72
ASP	2,66	8,48	319	0,79-1,98
TRY	-	-	-	0,15-0,07

Örbottyán lucerna 2. kaszálás Ny.fehérje %-ában

Mért 17 aminosav összege lucerna 20 %, koronafűrt 23 %, gypszéna 85 %

### Összefoglalás

A kísérlet beállításakor 1987 őszén a szántott réteg 5 %  $\text{CaCO}_3$ -ot, 3 % humuszt, 20 % agyagot tartalmazott. A pH( $\text{H}_2\text{O}$ ) 7,8; pH(KCl) 7,3; AL- $\text{K}_2\text{O}$  180-200, AL- $\text{P}_2\text{O}_5$  100-120, KCl-oldható Mg 110-150, KCl+EDTA oldható Mn 60-80, Cu és Zn 1-2 mg/kg értékkel volt jellemezhető. A termőhely kielégítő K, Ca, Mg; közepes N és P; valamint gyenge Zn és Cu ellátottságú. A talajvíz szintje 13-15 m mélyen található, a terület aszályérzékeny. Az átlagos középhőmérséklet 11 °C, az éves csapadékösszeg

400-600 mm közötti egyenetlen eloszlással. Főbb megállapítások, levonható tanulságok:

- Ezen a káliummal és bórral eredetileg egyaránt kielégítően ellátott talajon, a kísérlet 13. évére, az AL-oldható  $K_2O$  tartalom a szántott rétegben az eredeti 180-200 mg/kg értékről 140 mg/kg-ra csökkent. A K-hatások idővel kifejezettebbekké váltak, a koronafűrt a 4 év alatti 7 kaszálással 572 kg/ha  $K_2O$  mennyiséggel szegényítette a talajt. A K-kontrollhoz képest a 2 kaszálás 2004-ben már 10 t/ha zöld, illetve 1 t/ha légszáraz széna többletet adott és a zöld termés szárazanyag tartalmát is átlagosan 2 %-kal mérsékelte. A B és a Sr kezelések a termés tömegét igazolhatóan nem befolyásolták. A 4 év, illetve a 7 kaszálás összesen 110-120 t/ha friss, illetve 21-24 t/ha légszáraz szénahozamot adott.

- A K-trágyázás gátolta a Ca, Mg, Na, Sr kationok beépülését a szénába a K-tartalom egyidejű növelése mellett. A B-trágyázás még 10-14 év után is megtöbbszörözte a széna B-tartalmát. A kis terméstömegű, előregedő szénában a B-akkumuláció elérte a 372 mg/kg mennyiséget. A 9-12 évvel korábban adott 67 kg/ha Sr-adag általában igazolhatóan mérsékelte az antagonista Na felvételét.

- A lucerna zöldbimbós állományára az irodalomban közölt és általunk is ellenőrzött 2-5 % N; 2-4 % K; 1-3 % Ca; 0,3-0,8 % Mg; 0,3-0,7 % P és S, illetve 30-200 mg/kg Fe és Al; 30-100 mg/kg Mn, 35-80 mg/kg B, 20-70 mg/kg Zn, 5-15 mg/kg Cu és 0,5-2,0 mg/kg Mo optimumok megfelelőek lehetnek a koronafűrt tápláltsági állapotának megítélésére is.

- Az 1 t szénatermés átlagos/fajlagos elemtartalma kereken 34 kg N; 22 kg K (26 kg  $K_2O$ ); 20 kg Ca (28 kg  $CaO$ ); 3,5 kg P (8 kg  $P_2O_5$ ); 3,1 kg Mg (5 kg  $MgO$ ); 2,7 kg S; 216 g Fe, 149 g Al, 66 g Mn, 70 g Sr, 16 g Na, 28 g B, 15 g Zn, 6-7 g Zn, 4-5 g Ba mennyiséget tett ki ezen a talajon. Adataink felhasználhatók a tervezett termés elemigényének számításakor a szaktanácsadásban. Figyelembe véve, hogy a N-t alapvetően a légköri megkötés fedezheti, illetve a Zn és Cu fajlagosok mérsékeltek a termőhely gyenge Zn és Cu ellátottsága miatt.

- Ami a koronafűrt széna takarmányértékét illeti megállapítottuk, hogy a standard lucerna összetételhez viszonyítva a nyersfehérje 29, a nyersrost 26 %-kal haladta meg a lucernáét, míg a nyersshamu 11, nyerszsír 27 %-kal volt kevesebb. A vizsgált 17 aminosavat összevetve azt találtuk, hogy a koronafűrt széna fehérje rendkívül szegény cisztin (CYS), illetve rendkívül gazdag prolamin (PRO) és asparagin (ASP) aminosavban. A többi aminosav lényeges eltérést nem mutat (10-20 %) a két hüvelyes takarmánynövényben. Összességében megállapítható, hogy a koronafűrt versenyképes lehet a lucernával mind a szénahozamát, mind a takarmányértékét tekintve, különösen gyengébb talajokon.

#### Szakirodalmi hivatkozások

10/2000. (VI.2.) KÖM-EüM-FVM-KHVM együttes rendelete a felszín alatti víz és földtani közeg minőségi védelméhez szükséges határértékekről. Magyar Közlöny. 2000/53. sz. 3156-3167.

50/2001.(IV.3.) Korm. rendelete a szennyvizek és szennyvíziszapok mezőgazdasági felhasználásának és kezelésének szabályairól. Magyar Közlöny. 2001/39:2532-2543.

ANDERSSON, G., OLERED, R. & OLSSON, G., 1958. Zur Nährstoffaufnahme des Winterraps. Z. Acker- u. Pflzenbau. 107. 171–179.

- ANONYM, 1977.: Máktermesztési Technológia. Alkaloida. TISZAVASVÁR.
- ANONYM (1985): Kompolti Tarka koronafürt Telepítési Útmutató. GATE Mezőgazdasági Kutatóintézete. Kompolt. 12 p.
- ANTAL J. 1978. Olajos növények termesztése. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- ANTAL J. (Szerk. Balogh I. - Józsa Á.: 1986. Nyírségi savanyú Mg-hiányos homok- és erdőtalajok kémiai javításának jelentősége az üzemi napraforgó termesztésében. In: Jövedelmezőbb napraforgótermesztés. 128-132. MÉM Mérnök- és Vezetőtovábbképző Intézet. Budapest.
- ANTAL J. 1987: Növénytermesztők zsebkönyve. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- ANTAL J. 2000. Növénytermesztők zsebkönyve. Falugazdász Könyvek. Mezőgazd. Kiadó. Budapest.
- ANTAL J. (Szerk. 2005). Növénytermesztéstan 1-2. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- ANTAL J., EGERSEGI S. & PENYIGEY D. 1966. Növénytermesztés homokon. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- ANTAL J. – KRUPPA J. – POCSAI K. 2005: Gyökér és gumós növények. 2. Burgonya. 51-87. Növénytermesztéstan. 2. Szerk.: Antal J. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- BALÁS Á. (1889): Általános és különleges mezőgazdasági növénytermelés. II. kiadás. Czéh Sándor-féle Könyvnyomda. Magyar-Óvár.
- BALOGH I. - JÓZSA Á.: 1986. Nyírségi savanyú Mg-hiányos homok- és erdőtalajok kémiai javításának jelentősége az üzemi napraforgó termesztésében. In: Jövedelmezőbb napraforgótermesztés. 128-132. MÉM Mérnök- és Vezetőtovábbképző Intézet. Budapest.
- BARANYAI F. - FEKETE A. & KOVÁCS I. 1987. A magyarországi talaj tápanyagvizsgálatok eredményei. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- BARCSÁK Z. 1999. A gyepek tápanyagellátása. In: Tápanyaggazdálkodás. 522-535. Szerk.: Fülek Gy. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- BAUER F. 1975. A rozs monokultúrás termesztésének lehetőségei. Agrártud. Közl. 34:95-96.
- BECKENBACH, J. R. 1944. Functional relationships between boron and various anions in the nutrition of tomato. Florida. Univ. Agr. Expt. Sta. Tech. Bull. 395.
- BECKER-DILLINGEN, J. 1934. Handbuch der Ernährung der landwirtschaftlichen Nutzpflanzen. Verlagsbuchhandlung Paul Parey. Berlin.
- BERGER, K.C. – TRUOG, E. 1944. Boron tests and determination for soils and plants. Soil Sci. 57: 25-36.
- BERGMANN, W. & NEUBERT, P. 1976. Pflanzendiagnose und Pflanzenanalyse. VEB Gustav Fischer Verlag. Jena.
- BERGMANN, W. 1979. Termesztett növények táplálkozási zavarainak előfordulása és felismerése. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- BERGMANN, W. 1983. Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. Entstehung und Diagnose. VEB Gustav Fischer, Verlag Jena.
- BERGMANN, W. 1988. Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. VEB Gustav Fischer Verlag. Jena.
- BERGMANN, W. 1992. Nutritional Disorders of Plants. Gustav Fischer Verlag. Jena-Stuttgart-New York.

- BERNÁTH J. & TÉTÉNYI P. 1981. Effect of environmental factors on growth development and alkaloid production of poppy (*Papaver somniferum* L.). II. Interaction of light and temperature. *Biochem. Physiol. Pflanzen*.
- BICZÓK, GY.- NÉMETH, T.- RUDA, M.: 1984. A burgonya tápelemfelhalmozás fenodinamikájának statisztikai és szimulációs vizsgálata. Working Paper. MTA SzTAKI. Budapest. 106 p.
- BINGHAM, F. T. & GARBER, M. J., 1960. Solubility and availability of micronutrients in relation to phosphorus fertilization. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 24. 209–213.
- BIRKMANN, K.H. 1974. Einfluss der Kaliumernährung auf die Blaufleckigkeit der Kartoffel. *Der Kartoffelbau*. (Hildesheim) 25:12, 362-363.
- BITTERA, M. 1923. Növénytermesztés. "Patria". Budapest.
- BLACK, W.N. - WHITE, R.P. 1973. Effect of N, P, K and manure factorially applied to potatoes in a long-term study. *Can. J. Soil Sci.* 53. 2:205-211.
- BLAIR, A.W. – BROWN, B.E. 1921. The influence of fertilizers containing borax on the yield of potatoes and corn-season 1920. *Soil. Sci.* 11: 369-384.
- BLASKÓ L. – DEBRECZENI BNÉ – HOLLÓ S. – KADLICKSKÓ B. – SÁRVÁRI M. (Szerk.: 1998.) Műtrágyázás, talajsavanyodás és meszezés összefüggései az OMTK kísérlethálózat talajain. OMTK kiadvány. Regiocon Kft. Kompolt-Karcag.
- BOCZ E., 1976. Trágyázási útmutató. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- BÓCSA I. – KRISZTIÁN J. – KADLICKSKÓ B. – MÁTÉ A. 1980. Kísérletek a tarka koronafűrt (*Coronilla varia* L.) magyarországi bevezetésére. *Növénytermelés*. 29(2): 115-123.
- BOWEN, H.J.M. 1979. Environmental chemistry of the elements. Academic Press. New York.
- BURNS, J.C. – COPE, W.A. – GOODE, L. – HARVEY, R.W. GROSS, H.D. 1969. Evaluation of crownvetch (*Coronilla varia* L.) by performance of beet cattle. *Agron. J.* 61(3): 480-481.
- BUZÁS ET AL. (Szerk.: 1979): Műtrágyázási irányelvek és üzemi számítási módszer. (Szerk: Buzás I. et al. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ. Budapest.
- CERLING, V.V. 1978. Agrohímicseszközök osztróv diagnosztikai mineral'noo pitaniya Sz/h. kultur. Izdat. Nauka. Moszkva.
- CHANEY, R.L. 1982. 9. Fate of toxic substances in sludge applies to cropland. In: *Proc. Int. Symp. "Land Application of Sewage Sludge"*. 259-324. Tokyo, Japan.
- COOKE, G. W., 1981. Value of "blueprints" in research and advisory work. In: *Agricultural Yield Potentials in Continental Climates*. *Proc. 16th Coll. of the International Potash Institute*, Warsaw. 199–207.
- CSATHÓ, P. 1991. Evaluation of the model for AL-P correction on the data base of winter wheat field P-trials in Hungary between 1960-1990. XXIII. Georgikon Days. 2:47-52. Keszthely.
- CSATHÓ P. 1992. K- és P-hatások kukoricában meszes csernozjom talajon. *Agrokémia és Talajtan*. 41:241-260.
- CSATHÓ P. 1994. A környezet nehézfém szennyezettsége és az agrártermelés. Tematikus szakirodalmi szemle. MTA TAKI. Budapest. 447-465.

- CSATHÓ P. 1997. Összefüggés a talaj K-ellátottsága és a kukorica, őszi búza és a lucerna K-hatások között a hazai szabadföldi kísérletekben, 1960-1990. *Agrokémia és Talajtan*. 46:327-346.
- CSATHÓ P. 2002. Zn-hexaminos levéltrágyázás a kukorica P-indukálta Zn-hiány leküzdésére. *Agrofórum*. 13(12): 20-21.
- CSATHÓ P. 2003a. Kukorica P hatásokat befolyásoló tényezők vizsgálata az 1960 és 2000 között publikált hazai szabadföldi kísérletek adatbázisán. Szemle. *Agrokémia és Talajtan*. 52:455-472.
- CSATHÓ P. 2003b. Kukorica N-hatásokat befolyásoló tényezők vizsgálata az 1960-2000 között publikált hazai szabadföldi kísérletek adatbázisán. *Agrokémia és Talajtan*. 52: 169-184.
- CSATHÓ P. 2005. Kukorica K-hatásokat befolyásoló tényezők vizsgálata az 1960 és 2000 között publikált hazai szabadföldi kísérletek adatbázisán. *Növénytermelés*. 54(5-6): 447-465.
- CSATHÓ P. - KÁDÁR I. 1987. A köles és a lucerna tápelemfelvételének vizsgálata tar- tamkísérletben. *Növénytermelés*. 36.443–453.
- CSATHÓ P. & KÁDÁR I., 1989. A lucerna tápelemfelvétele meszes csernozjom talajon. *Agrokémia és Talajtan*. 38.381–394.
- CSATHÓ P.- KÁDÁR I. & SARKADI J. 1989. A kukorica műtrágyázása meszes csernozjom talajon. *Növénytermelés*. 38:69-75.
- CSATHÓ, P.- LÁSZTITY, B. & NAGY, L., 1994. Foliar Zn application for eliminating P-induced Zn-deficiency. In: 3<sup>rd</sup> ESA Congress. 466–467. Abano–Padova. Italy.
- CSERHÁTI S. 1901. Általános és különleges növénytermelés. Czéh Sándor-féle Könyvnyomda. Magyar-Óvár.
- CSERHÁTI, S. - KOSUTÁNY, T. 1887. A trágyázás alapelvei. Orsz. Gazd. Egyesület, Budapest.
- DEBRECZENI B. – DEBRECZENI BNÉ 1994. Trágyázási kutatások 1960-1990. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- DVORACEK M. 1986. A napraforgó műtrágyázása és a jövedelmezőség az OTK kísérletek tükrében. In: Jövedelmezőbb napraforgótermesztés. 109-127. MÉM Mérnök- és Vezetőtovábbképző Intézet. Budapest.
- EATON, F.M. 1944. Deficiency, toxicity and accumulation of B in plants. *J. Agric. Res.* 69: 237-277.
- EFFMERT, B.: 1974. Wie verhindern wir das Auftreten von Blaufleckigkeit? *Feldwirtschaft*. (Berlin). 15:8, 355-359.
- EGNÉR, H. - RIEHM, H. - DOMINGO, W.R. 1960. Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. K-Lantbr. Högsk. Ann. 26:199-215.
- ELEK É. - KÁDÁR I. 1980. Álló kultúrák és szántóföldi növények mintavételi módszere. MÉM NAK. Budapest.
- ELEK É. – KÁDÁR I. 1975. A P-műtrágyázás hatása a makro- és mikroelemek felvételére. In: Mezőgazdaság Kemizálása. 89-93. NEVIKI-KAE.
- ELEK É. - KÁDÁR I. 1975. Talajtermékenység kontrollja növény-és talajvizsgálattal. *Magyar Mezőgazdaság*. 30. (51) 9.

- ELEK É. – KÁDÁR I. 1978. Műtrágyázás hatása az őszi búza tápanyag-gazdálkodására. A mezőgazdaság kemizálása. Ankét. Keszthely. 169-176. NEVIKI. Veszprém.
- ELEK, É. - KÁDÁR, I. 1980. Állókultúrák és szántóföldi növények mintavételi módszere. MÉM NAK. Budapest.
- ELEK É. – PATÓCS I. 1984. A magyarországi I. talajvizsgáklati ciklus eredményeinek értékelése, MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ. Budapest.
- EÖRI T., 1986. A repce termesztése. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- EVANS, S.A.: 1977. The place of fertilizers in "Blueprints" for the production of potatoes and cereals. In: Proc. 13<sup>th</sup>. IPI. 231-241. Bern. Switzerland.
- FINCK, A. 1979. Dünger und Düngung. Verlag Chemie. Weinheim, New York.
- FINK, A. 1982. Fertilizers and Fertilization. Verlag Chemie. Deerfield Beach. Florida, Basel.
- FÖLDESI D. 1994. A mák termesztése. Agrofórum. 2:30-32.
- GEISLER, G. 1988. Pflanzenbau. Verlag Paul Parey. Berlin und Hamburg.
- GRÁBNER E. 1948. Szántóföldi növénytermesztés. III. Átdolgozott és bővített kiadás. "Pátria" Nyomda. Budapest.
- GRACE, F.V. – GRAU, A.F. 1952. Crownvetch-promising new cover crop. Crops and Soils. 4(9): 22-25.
- GUPTA, U.C. 1967. A simplified method for determining hotwatersoluble boron in podzol soils. Soil Sci. 103. 424-428.
- GUPTA, U.C. 1979. Boron nutrition of crops. Advances in Agronomy. 31. 273-307.
- GYÖRFFY B. 1975. Vetésforgó-vetésváltás-monokultúra. Agrártud. Közl. 34:61-6
- GYÖRFFY B. 1976. A kukorica termésére ható növénytermesztési tényezők értékelése. Agrártud. Közl. 35:239-266.
- GYÖRI D. 1984. A talaj termékenysége. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- GYÖRI D. - IHÁSZ I., 1968. Egyszerű vizsgálatok a mezőgazdaságban. Mezőgazdsági Kiadó. Budapest.
- GYÖRI, D. & MÁTZ, G., 1979. Changes in the zinc and tryptophane contents of maize grains as a response to increasing rates of phosphorus fertilization. Acta Agron. Hung. 28. 158–167.
- HABER, A. J. & TOLBERT, N. E., 1959. Metabolism of C<sup>14</sup> bicarbonate, P<sup>32</sup> phosphate or S<sup>35</sup> sulphate by lettuce seed during germination. Plant Physiol. 34. 376–377.
- HANSON, P.R. 1963. Crownvetch- a soil conserving legume and a potential pasture and hay plant. U.S. Dept. Agr. Res. Ser. ARS 34-53. USA.
- HARMATI I.: 1989. Adatok a napraforgó műtrágyázásához. Agrokémia és Talajtan. 39:207-212,
- HARPER, J.C. 1970. Crownvetch for erosion control and beautification. The Pennsylv. State Univ. (College of Agriculture). Special Circular. N. 161.
- HAWK, V. B. 1964. Soil requirements and establishment of crownvetch (*Coronilla varia* L.). Crownvetch Symp. Pennsylv. State Univ. 6-8. USA.
- HOLLÓ S. 1993. A szerves- és műtrágyázás hatásának összehasonlítása trágyázási kísérletekben. Kandidátusi értekezés. Kézirat. Kompolt.
- HORNOK L. 1978. Gyógynövények termesztése és feldolgozása. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.



- ISO 11261. 1995. Soil Quality Determination of total nitrogen. Modified Kjeldahl method. I.V. 1950. Növénytermelés. I. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- JAKOVLEVA, V.V.: Rezultatü izucsenija effektivnosztyi bornüh udobrenij. In: (Szerk.: V.G. Mineev) 13-36. Trudü. VIUA N. 53. Moszkva. 1972.
- JAKUSKIN, I.V. 1947. Rasztenievodszto. Szel'hozgiz. Moszkva.
- JAKUSKIN, I.V.: 1950. Növénytermelés. I. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- JOLÁNKAI M. 2005. 8. Fejezet. Zab. 277-283. In: A növénytermesztés alapjai. Szerk.: Antal J. Gabonafélék. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- JOLÁNKAI M. – SZABÓ M. 2005. Gabonafélék. 1. Búza. 183-204. In: Növénytermesztéstan. 1. Szerk.: Antal J. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- JONES, J.B. 1973: Interpretation of plant analyses for several agronomic crops. In: Soil testing and plant analysis. II: Plant analysis. Madison. Wisconsin. USA.
- KABATA – PENDIAS, A. – PENDIAS, H. 1984. Trace elements in soil and plants. CRC Press, Inc. Boca Raton. Florida.
- KADLICKÓ B. – KRISZTIÁN J. 1977. NPK műtrágyaadagolási kísérletek kukoricával és tavaszi árpával erodált agyagbemosódásos barna erdőtalajon. Növénytermelés. 26:315-322.
- KATALÜMOV, M.V. 1960. Szpravocsnik po Mineral'nüm Udobrenijam. Gosz. Izd. Sz/h Literaturü. Moszkva.
- KÁDÁR I. 1977: Műtrágyázási tapasztalatok Ausztriában. Agrokémia és Talajtan. 26. 491-497.
- KÁDÁR I. 1979. Földművelésünk nitrogén, foszfor és kálium mérlege. Agrokémia és Talajtan. 28: 527-545.
- KÁDÁR I. 1982: Földművelésünk műtrágyaigényét befolyásoló néhány tényező. Növénytermelés. 31. 269-280. 1982.
- KÁDÁR I., 1987. A kukorica ásványi táplálása. Növénytermelés 36. 60-61.
- KÁDÁR I.: 1989. Túltrágyázzuk-e a napraforgót? Agrokémia és Talajtan. 38:441-447.
- KÁDÁR I. 1992. A növénytáplálás alapelvei és módszerei. MTA TAKI. Budapest. 396p.
- KÁDÁR I. 1993. Különböző szemléletek a tápanyagutánpótlás alapelveiről. Agrokémia és Talajtan. 42:408-420.
- KÁDÁR I., 1993. A kálium-ellátás helyzete Magyarországon. KTM-MTA TAKI. Budapest.
- KÁDÁR I. 1995. A talaj-növény-állat-ember tápláléklánc szennyeződése kémiai elemekkel Magyarországon. KTM-MTA TAKI. Budapest.
- KÁDÁR I. 1998. Műtrágyázás hatása a talaj termékenységére mészeledékes csernozjom talajon. Nagyhorcsók. In: Műtrágyázás, talajsavanyodás és meszezés összefüggései az OMTK kísérlethálózat talajain. 55-68. Szerk.: Blaskó et al. OMTK kiadvány. Regiocon Kft. Kompolt-Karcag.
- KÁDÁR I. 2000. A burgonya (*Solanum tuberosum* L.) tápelemfelvétele karbonátos csernozjom talajon. Növénytermelés. 49:533-545.
- KÁDÁR I. 2000a. Az őszi árpa (*Hordeum vulgare* L.) műtrágyázása karbonátos vályog csernozjom talajon. Növénytermelés. 49(6): 661-675.
- KÁDÁR I. 2000b. Az őszi árpa (*Hordeum vulgare* L.) tápelemfelvétele karbonátos csernozjom talajon. Növénytermelés. 49(5): 547-559.

- KÁDÁR I. 2001. A napraforgó (*Helianthus annuus L.*) tápelemfelvétele mészlepedékes vályog csernozjom talajon. *Növénytermelés*. 50:285-295.
- KÁDÁR I., 2002. A repce (*Brassica napus L.*) tápláltsági állapotának megítélése növényanalízissel. *Agrokémia és Talajtan*. 51:395–416.
- KÁDÁR I. 2003. Mikroelem-terhelés hatása az őszi árpára karbonátos csernozjom talajon. *Agrokémia és Talajtan*. 52(1-2): 105-120.
- KÁDÁR I. 2004. A tritikále elemfelvétele műtrágyázási kísérletben. *Növénytermelés*. 53(3): 273-284.
- KÁDÁR I. 2004a. Műtrágyázás hatása a telepített gyepterület ásványi elemtartalmára. *Gyepgazdálkodási Közlemények*. 2: 57-66.
- KÁDÁR I. 2004b. A műtrágyázás hatása a silókukorica termésére karbonátos csernozjom talajon. *Növénytermelés*. 53(3): 285-297.
- KÁDÁR I. 2005. A műtrágyázás hatása a bab (*Phaseolus vulgaris L.*) termésére és elemfelvételére. *Agrokémia és Talajtan*. 54(1-2): 93-104.
- KÁDÁR I. 2005. A rozs (*Secale cereale L.*) műtrágyázása meszes csernozjom talajon. *Növénytermelés*. 54(4): 253-264.
- KÁDÁR, I. 2005. Műtrágyázás hatása a szemescirok (*Sorghum vulgare Pers.*) elemfelvételére. *Agrokémia és Talajtan*. 54: 375-388.
- KÁDÁR, I. 2006. Műtrágyahatások vizsgálata a 2. éves telepített gyepterületen. Minőség, tápanyaghozam. 8. Gyepgazd. Közlemények. 4:121-130.
- KÁDÁR I. (2006): Növény-és talajvizsgálatok értelmezése műtrágyázási tartamkísérletben. *Növénytermelés*. 55(1-2): 123-137.
- KÁDÁR I. 2007. Műtrágyahatások vizsgálata 3. éves telepített gyepterületen. *Növénytermelés*. 56: 345-361.
- KÁDÁR I. 2007. N x P kölcsönhatások vizsgálata tartamkísérletben rozsnövénnyel. *Növénytermelés*. 56(4): 213-224
- KÁDÁR I. 2009 Műtrágyázás hatása a lucerna (*Medicago sativa L.*) elemtartalmára karbonátos homoktalajon. *Agrokémia és Talajtan*. 58(2): 265-280.
- KÁDÁR I. 2010. Műtrágyázás hatása a lucerna (*Medicago sativa L.*) elemfelvételére karbonátos homoktalajon. *Növénytermelés*. 59(3): 17-35.
- KÁDÁR I. 2011. Jelentés a sertéshígtrágyák által okozott Cu-terhelésről. MTA TAKI. Budapest. 17 p.
- KÁDÁR I., 2011. A kálium és a bór elemek közötti kölcsönhatások vizsgálata tartamkísérletben. *Agrokémia és Talajtan*. 60:161–178.
- KÁDÁR I. 2012. A kálium, bór és a stroncium elemek közötti kölcsönhatások vizsgálata a lucernára. *Agrokémia és Talajtan*. 61(1):133-150.
- KÁDÁR I. 2012. A kálium, bór és a stroncium hatása a mákra (*Papaver somniferum L.*). *Agrokémia és Talajtan*. 62(2):331-344.
- KÁDÁR I. 2013. A kálium, bór és a stroncium hatása a bab (*Phaseolus vulgaris L.*) elemfelvételére. *Növénytermelés*. 62(4):
- KÁDÁR I. 2013. A Nx Cux Mo kezelések hatása a tritikáléra. Kézirat. MTA TAKI.
- KÁDÁR I. 2014. A kálium, bór és a stroncium hatása az őszi árpára. *Növénytermelés*. 3. 43-56.
- KÁDÁR I. - BUJTÁS K. 2003. Műtrágyázás hatása a tritikále termésére. *Növénytermelés*. 53(1-2):107-118.
- KÁDÁR I. – BUJTÁS K. 2004. A műtrágyázás hatása a tritikále termésére és cukortartalmára csernozjom talajon. *Növénytermelés*. 53(1-2): 107-117.

- KÁDÁR I. – CSATHÓ P. 2011. A kálium és a bór elemek közötti kölcsönhatások vizsgálata tavaszi repcében. *Agrokémia és Talajtan*. 60(2): 359-370.
- KÁDÁR I. – CSATHÓ P. 2012. A kálium és a bór elemek közötti kölcsönhatások vizsgálata tavaszi repcében. *Agrokémia és Talajtan*. 60(2):359- 370
- KÁDÁR I. & CSATHÓ P., 2012. A kálium és a bór elemek közötti kölcsönhatások vizsgálata kukoricában. *Növénytermelés*. 61(3):37-57.
- KÁDÁR I.- CSATHÓ P. 2012. A nitrogén és réz közötti kölcsönhatás vizsgálata szabadföldi kukorica kísérletben. *Agrokémia és Talajtan*. 64(1): 177-188.
- KÁDÁR I. – CSATHÓ P. 2013. A N x Cu közötti kölcsönhatások vizsgálata szabadföldi tavaszi árpa kísérletben. *Agrokémia és Talajtan*. 62(2):345-358.
- KÁDÁR I.- CSATHÓ P. 2015. Nitrogén és réz közötti kölcsönhatások szabadföldi tartamkísérletben őszi árpa kultúrában. *Növénytermelés*. 64(3): 45-58.
- KÁDÁR I. – ELEK É. 1977. Műtrágyázás hatása a kukorica makro- és mikroelem felvételére. In: *Mezőgazdaság Kemizálása*. 71-81. NEVIKI-KAE.
- KÁDÁR I. - ELEK É. 1999. A búza (*Triticum aestivum L.*) ásványi táplálása meszes csernozjom talajon. *Növénytermelés*. 48:311-322.
- KÁDÁR I. – FÖLDESI D. 2001. A mák (*Papaver somniferum L.*) műtrágyázása karbonátos vályog csernozjom talajon. I. *Növénytermelés*. 50(4): 453-465.
- KÁDÁR I.-GYŐRI Z. 2004. Műtrágyázás hatása a telepített gyeptakarmányértékére és tápanyaghozamára. 2. *Gyepgazd. Közl.* 2:46-56
- KÁDÁR I.-GYŐRI Z. 2005. Műtrágyázás hatása a telepített gyeptakarmány tartalmára és hozamára. 5. *Gyepgazd. Közl.* 3:11-20.
- KÁDÁR I. – KASTORI R. 2006. Mikroelem-terhelés hatása a tiritkále termésére és elemfelvételére karbonátos csernozjom talajon. *Agrokémia és Talajtan*. 55(2): 449-460.
- KÁDÁR I. – LÁSZTITY B. 1979. A feltöltő PK műtrágyázás lehetőségének vizsgálata néhány magyarországi talajon. *Agrokémia és Talajtan*. 28:123-143.
- KÁDÁR I. – LÁSZTITY B. 1979: Az őszi búza tápanyagfelvételének tanulmányozása szabadföldi kísérletben. *Agrokémia és Talajtan*. 28. 451-472.
- KÁDÁR I. - LÁSZTITY B. 1997. A zab szárazanyagfelhasználásának és tápelemtartalmának változása a tenyészidő folyamán. *Növénytermelés*. 46(3): 267-274.
- KÁDÁR I. - LÁSZTITY B. 1997. A zab tápelemfelvétele a tenyészidő folyamán. *Növénytermelés*. 46(5): 529-538.
- KÁDÁR I. – MÁRTON L. 2005. Búza műtrágyázása a mezőföldi OMTK kísérletben 1968-2004. között. *Növénytermelés*. 54: 111-122.
- KÁDÁR I. – MÁRTON L. 2007. Búza utáni kukorica trágyareakciója a mezőföldi OMTK kísérletben 1969-2005 között. *Növénytermelés*. 56(3): 147-159.
- KÁDÁR I. - PUSZTAI A. 1982. Az NPK túltrágyázás hatása a 6-leveles kukorica makro- és mikroelem tartalmára. *Növénytermelés*. 31. 523–532.
- KÁDÁR I.-RADICS L. 2005. A műtrágyázás hatása a szemescirok (*Sorghum vulgare Pers.*) fejlődésére és termésére. *Növénytermelés*. 54:77-87.
- KÁDÁR I. - RADICS L. 2010. Műtrágyázás hatása a lucerna (*Medicago sativa L.*) fejlődésére és termésére karbonátos homoktalajon. *Növénytermelés*. 59(2): 33-52.
- KÁDÁR I. - SCHILL J. 2004. Az olaszperje (*Lolium multiflorum Lam.*) műtrágyázása csernozjom talajon. *Agrokémia és Talajtan*. 53:291-304.

- KÁDÁR I. – SHALABY, M.H. 1984. A nitrogén- és réztrágyázás közötti kölcsönhatások vizsgálata meszes homoktalajon. *Agrokémia és Talajtan*. 33: 269-274.
- KÁDÁR I. – SHALABY, M.H. 1985. A K és B trágyázás hatása a talaj és a növény tápelemtartalmára. *Növénytermelés*. 34(4): 321-327.
- KÁDÁR I. – SHALABY, M.H. 1985. N és Cu trágyázás hatása a talaj és a növény tápelemtartalmára. *Növénytermelés*. 34(2): 119-126.
- KÁDÁR I. - SZEMES I. 1994. A nyírlugosi tartamkísérlet 30 éve. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete. Budapest.
- KÁDÁR I. & TURÁN T. 2002. P-Zn kölcsönhatás mészlepedékes csernozjom talajon kukorica monokultúrában. *Agrokémia és Talajtan*. 51:381-394.
- KÁDÁR I. - VASS E. (1988): Napraforgó műtrágyázása és meszezése savanyú homoktalajon. *Növénytermelés*. 37:541-547.
- KÁDÁR I. - BÉNDEK GY. - RADICS L. 2003. A műtrágyázás hatása a sörárpa (*Hordeum distichon* L.) termésére és minőségére. *Növénytermelés*. 52(3-4): 409-421.
- KÁDÁR I. – ELEK É. - FEKETE, A.: 1983. Összefüggésvizsgálatok néhány talajtulajdonság, a műtrágyázás, valamint a termesztett növények jellemzői között. *Agrokémia és Talajtan*. 32. 57-76.
- KÁDÁR I., KASTORI R. - BERNÁTH J. 2003. Mikroelem-terhelés hatása a mákra karbonátos csernozjom talajon. *Agrokémia és Talajtan*. 52:347-362.
- KÁDÁR I. – KONCZ J. – RAGÁLYI P. 2009. A kémiai elemek légköri ülepedése és agronómiai/környezeti jelentősége. *Növénytermelés*. 58(4): 17-43.
- KÁDÁR I. - LÁSZTITY B. - SIMON L. 1981. Az üzemi talaj- és növényvizsgálati eredmények értelmezése és felhasználása mezőföldi csernozjom talajon. *Agrokémia és Talajtan*. 30. 65-78.
- KÁDÁR I.- LÁSZTITY B. - SZEMES I. 1982. Az őszi rozs tápanyagfelvételének vizsgálata szabadszízi tartamkísérletben. II. Levélanalízis. Na, Fe, Mn, Zn, Cu felvétele. *Agrokémia és Talajtan*. 31:17-28.
- KÁDÁR I. - MÁRTON L. - HORVÁTH S. 2000. A burgonya (*Solanum tuberosum* L.) műtrágyázása meszes csernozjom talajon. *Növénytermelés*. 49:291-306.
- KÁDÁR I.- MÁRTON L. - LÁNG I. 2012. Az őrbottyáni 50 éves örök rozs és egyéb műtrágyázási tartamkísérletek tanulságai. MTA ATK TAKI. Budapest.
- KÁDÁR I. - NÉMETH T. - SZEMES I. 1999. Tritikále trágyareakciója a nyírlugosi tartamkísérletben. *Növénytermelés*. 48:647-661.
- KÁDÁR I.- NÉMETH T. - LUKÁCS DNÉ 2001. A repce (*Brassica napus* L.) műtrágyázása karbonátos vályog talajon. II. *Növénytermelés*. 50:575-591.
- KÁDÁR I. – RADICS L. – BANA KNÉ 2000. Mikroelem-terhelés hatása a kukoricaállományra karbonátos csernozjom talajon. *Agrokémia és Talajtan*. 49: 181-204.
- KÁDÁR I. - SZEMES I. - LÁSZTITY B. 1984. Az „évhatás” és a tápláltság összefüggése őszi rozs tartamkísérletben. *Növénytermelés*. 33:235-241.
- KÁDÁR I., NÉMETH T., RÉTI Á. & RADICS L. 2001. A repce (*Brassica napus* L.) műtrágyázása karbonátos vályog talajon. I. *Növénytermelés*. 50:559-573.
- KÁDÁR I., SZEMES I., LOCH J. & LÁNG I. 2011. A nyírlugosi műtrágyázási tartamkísérlet 50 éve. MTA TAKI. Akaprint. Budapest.

- KÁDÁR I. – FÖLDESI D.- VÖRÖS J. – SZILÁGYI J. – LUKÁCS DNÉ 2001. A mák (*Papaver somniferum* L.) műtrágyázása karbonátos vályog csernozjom talajon. II. Növénytermelés. 50(4): 467-478.
- KÁDÁR I. et al., 2001a. A repce (*Brassica napus* L.) műtrágyázása karbonátos vályog csernozjom talajon. I. Növénytermelés. 50. 559–573.
- KÁDÁR I. et al., 2001b. A repce (*Brassica napus* L.) műtrágyázása karbonátos vályog csernozjom talajon. II. Növénytermelés. 50. 575–591
- KÁDÁR I. ET AL. 2007. Trágyázás hatása legeltetett ősgyepekre. Növénytermelés. 56(5-): 287-306.
- KEREN, R. – BINGHAM, F.T. 1985. Boron in water, soils and plants. Advances in Soil Science (1): 229-276.
- KÉSMÁRKI I. 2005. In: Növénytermesztés 2. Lucerna. 357-385. Szerk.: Antal J. Mezőgazda Kiadó. Budapest
- KISMÁNYOKY T. 1980. Sörárpa termesztése barna erdőtalajon. Kand. értekezés. Kézirat. PATE. Keszthely.
- KISMÁNYOKY T. 1997. Árpa. In: Az árpa, a rozs és a zab termesztése. Szerk.: Palágyi A. 9-63. GKI-Winter Fair Kiadás. Szeged.
- KISMÁNYOKI T. 2005. Gabonafélék 7. Őszi és tavaszi árpa. 244-276. In: Növénytermesztés 1. Szerk.: Antal J. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- KISS J. 2005. Gabonafélék. 6. Tritikále. 238-243. In: Növénytermesztés 1. Szerk.: Antal J. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- KJELDAHL, J. 1891. Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in organischen Körpern. Zeitschr. f. analyt. Chemie. 22:366-382.
- KLAPP, E. 1971. Wiesen und Weiden. P. Parey. 4. Auflage. Berlin.
- KLOKE et al. 1988. Das Drei-Bereiche-System für die Beurteilung von Böden mit Schadstoffbelastung. VDLUFA Schriftenreihe 28/2. Kongressband 1117-1127. VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- KORIZMICS, - BENKŐ, D. - MOROCZ, I.: 1856. Mezei gazdaság könyve. Stephens Henry "The book of the farm" c. munkája nyomán. Herz János Nyomda. Pest.
- KUNKEL, R. - HOLSTAD, N. - BUTALA, H.: 1973. Fertilization and the blackspot problem in Washington's Columbia Basin. Am. Pot. J. 50:339-348.
- LAKANEN, E. – ERVIÖ, R. 1971. A comparison of eight extractants for the determination of plant available microelements in soils. Acta Agr. Fenn. 123: 223-232.
- LÁNG G. 1976. Szántóföldi növénytermelés. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- LÁNG I. 1973. Műtrágyázási tartamkísérletek homoktalajokon. MTA Doktori Értekezés. MTA TMB. BUDAPEST.
- LÁSZTITY B. 1974. Adatok a kukorica műtrágyázásához erősen meszes homoktalajon. Növénytermelés. 23:351-355.
- LÁSZTITY B. 1983. Műtrágyázás hatása a napraforgó fejlődésére és tápanyagforgalmára a tenyésztő folyamán II. Tápanyagfelvétel. Növénytermelés. 32: 259-268.
- LÁSZTITY B. 1985. A műtrágyázás hatása a tavaszi árpa száraanyag-felhalmozására, tápelemtartalmára és arányaira. Növénytermelés. 34:417-425.
- LÁSZTITY B. 1986. Néhány elem koncentrációjának változása az őszi rozsban és tritikáleban a tenyésztő folyamán. Agrokémia és Talajtan. 35:85-94.

- LÁSZTITY B.: 1987-1988. A műtrágyázás hatása a tritikále szárazanyag felhalmozására és tápelemtartalmára. *Agrokémia és Talajtan*. 36-37:191-208.
- LÁSZTITY B. & BICZÓK GY.: 1987. Az NPK műtrágyázás hatása a rozs makroelem felvételére. *Növénytermelés*. 36:491-506.
- LÁSZTITY B. – CSATHÓ P. 1994. Tartós NPK műtrágyázás hatásának vizsgálata búza-kukorica dikultúrában. *Növénytermelés*. 43:157-167.
- LÁSZTITY B. – KÁDÁR I. 1981. Műtrágyázás hatása az őszi búza tápelembefelvételére barna erdőtalajon. *Agrokémia és Talajtan*. 30. 25-36.
- LÁSZTITY B., SZEMES I. & RADICS L. 1993. Műtrágyahatások vizsgálata rozs monokultúrában. *Növénytermelés*. 42:309-324.
- LESSMAN, G. M. & ELLIS, B. G., 1971. Response of *Phaseolus vulgaris* to zinc as influenced by phosphorus level and source. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 35. 935–938.
- LI, Y-M. - CHANEY, R.L. - SCHNEITER, A.A. - MILLER, J.F.: 1995. Genotypic variation in kernel cadmium concentration in sunflower germplasm under varying soil conditions. *Crop Sci.* 35:137-141.
- LIEBSCHER, G., 1887. Der Verlauf der Nährstoffaufnahme und seine Bedeutung für die Düngerlehre. *J. Landwirtsch.* 35. 505–518.
- LŐRINCZ J. (Szerk.: 1984): A sörárpa termesztése. *Mezőgazdasági Kiadó*. Budapest.
- MÁNDY, GY. - CSÁK, Z.: 1965. A burgonya. *Akadémiai Kiadó*. Budapest.
- MARTIN, W. E., MCCLEAN, J. G. & QUICK, J., 1965. Effect of temperature on the occurrence of phosphorus-induced zinc deficiency. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 29. 411–413.
- MARTIN-PRÉVEL, P., GAGNARD, J. & GAUTIER, P. (Eds.). 1987. Plant analysis as a guide to the nutrient requirements of temperate and tropical crops. *Lavoisier Publ. Inc.* New York.
- MÁRTON L. 2002. Az éghajlati ingadozás és a N-műtrágyázás hatása a rozs (*Secale cereale* L.) termésére. *Növénytermelés*. 51:199-210.
- MÁTÉ A. 1983a. A különböző talajtípusok hatása a tarka koronafürt (*Coronilla varia* L.) termesztési lehetőségére. *Növénytermelés*. 32(3): 231-236.
- MÁTÉ A. 1983b. Kísérletek a tarka koronafürt tápanyagigényének meghatározására. I. Tenyészedénykísérletek. *Növénytermelés*. 32(5): 437-443.
- MÁTÉ A. 1983C. Kísérletek a tarka koronafürt tápanyagigények meghatározására. II. Szántóföldi kísérletek. *Növénytermelés*. 32(6): 549-558.
- MÁTÉ A., 2005. Repce. In: *Növénytermesztéstan 2.* (Szerk.: ANTAL J.) 249–266. *Mező- gazda Kiadó*. Budapest.
- MATHERS, A.C., STEWART, B.A. & BLAIR, B. 1975. Nitrate-nitrogen removal from soil profiles by alfalfa. *J. Environ. Qual.* 4:403-405
- MCKEE, G.W. – LANGILLE, A.R. (1967): Effect of soil pH, drainage and fertility on growth, survival and element content of crownvetch, *Coronilla varia* L. *Agr. J.* 59: 533-553.
- MÉM NAK 1978. A TVG tápanyagvizsgáló laboratórium módszerfüzete. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ. Budapest.
- MÉM NAK (Szerk.: Buzás et al. 1979): Műtrágyázási irányelvek és üzemi számítási módszer. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ. Budapest.
- MENGEL K. 1976. A növények táplálkozása és anyagcseréje. *Mezőgazd. Kiadó*. Budapest.

- MENGEL, K. & KIRKBY, E.A. 1987. Principles of Plant Nutrition. IPI. Bern. Switzerland.
- MITROFANOV, A.SZ. & MITROFANOVA, K.SZ. 1970. A zab. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- MÓRÁSZ S. 1979. A mák termesztése. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- MORVAI, B. - KÁDÁR, I. - NÉMETH, T. (1999): Mobility and availability of micropollutants in calcareous soils. In: Vth Int. Conference. "Biogeochemistry of Trace Elements". 798-799. Abstracts. Vienna. Austria.
- MURAKÖZI T. (Szerk.: 1958). Mezőgazdasági Lexikon. L-Z. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- NAGY J. – Sárvári M. 2005. Kukorica. Gabonafélék. 11. 301-334. In: Növénytermesztés. 1. Szerk.: Antal J. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- NAGY J. 1995. A talajművelés, a műtrágyázás, a növényszám és az öntözés hatásának értékelése a kukorica (*Zea mays L.*) termésére. Növénytermelés. 44: 251-260.
- NAGY J. 2007. Kukoricatermesztés. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- NÉMETH T., 1987–1988. Az őszi káposztarepce tápelemfelvétele és trágyázása. Agrokémia és Talajtan. 36-37:294-312.
- NÉMETH T. 1995. Nitrogen in Hungarian Soils – nitrogen management relation to groundwater protection. J. Contam. Hydrology. 20:185-208.
- NÉMETH T. 1996. Talajaink szervesanyag-tartalma és nitrogénforgalma. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete. Budapest.
- NÉMETH, I.: 1973. Trágyázás hatása különféle burgonyafajták hozamának és beltartalmának alakulására. I. Trágyázás hatása a termésre. Növénytermelés. 22:73-82.
- NÉMETH, I.: 1974. Trágyázás hatása különféle burgonyafajták hozamának és beltartalmának alakulására. II. Növénytermelés. 23:55-69.
- NÉMETH, I.: 1975. Trágyázás és csapadék hatása a különböző burgonyafajták tövenkénti gumószámának alakulására és összefüggése a terméssel. Növénytermelés. 24:227-234.
- NEUBERT, P. et al.: 1970. Tabellen zur Pflanzenanalyse. Institut für Pflanzenernährung. Jena.
- NIELSEN, D.R., BIGGAR, J.W., MAC INTYRE, J & TANJI, K. K. (1980): Field Növényvédelmi és Agrokémiai Központ. Budapest
- OLSON, R. A., Stukenholtz, D. D. & Hooker, C. A., 1965. Phosphorus–zinc relations in corn and sorghum production. Better Crops with Plant Food. 49. 19–24.
- PAIS I. (1980): A mikrotápanyagok szerepe a mezőgazdaságban. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 138 p.
- PARIBOK, T. A. & SZOKOLOV, A. B., 1970. Vzaimodejstvije cinka i foszfora v mineral'nom pitanii rasztenij. Agrohimiya. 7. (2) 153–167.
- PATÓCS I. (szerk. 1987.) Új műtrágyázási irányelvek. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ. Budapest.
- PEKÁRY K. - HOLLÓ S.: 1979. A feltöltő PK-trágyázás hatása a talajra és a termésre csernozjom barna erdőtalajon. Növénytermelés. 28:163-174.
- PERRENOUD, S.: 1993. Potato. Fertilizing for high yield. IPI Bulletin. N.8. Basel. Switzerland.

- PRIMOST, E. 1965. Hafer (*Avena sativa* L.). In: Handbuch der Pflanzenernährung und Düngung. Springer Verlag, Wien.
- PRJANISNYIKOV, D. N. 1931. Csasztnoe Zemledelie. Rasztenija Polevoj Kulturü. Szel'hozgiz. Moszkva- Leningrád.
- PRJANISNYIKOV, D.N. 1963. Izbrannüe Szocsinenija. II. Csasztnoe Zemledelie. Izd. Sz/h. Liberaturü. Moszkva. 712. p.
- PRJANISNYIKOV, D. N.: 1965. Csasztnoe Zemledelije. Izbrannüe Szocsinenija. II. Izd. "Kolosz". Moszkva.
- PROHÁSZKA K.& HORVÁTH R., 1970. Lucernalisztek mikroelem tartalma. Agrokémia és Talajtan. 19. 85–93.
- PROHÁSZKA, K., 1972. Microelement content in lucerna hays. Acta Agron. Hung. 21.125–131.
- RADICS L. 2002. Alternatív növények termesztése. II. Szaktudás Kiadó Ház. Budapest.
- RADICS L.: (Szerk.) 1994. Szántóföldi növénytermelés. KÉE Kertészeti Kar. Budapest.
- RAJKAI K. 2011. A talajok hasznosítható vízkészletének becslése az MTA TAKI kísérleti telepein. Szóbeli közlés.
- RAYNOLDS, P. – JACKSON, J.C. – LINDAHL, L. – HENSON, P.R. 1967. Consumption and digestibility of crownvetch (*Coronilla varia* L.) forage by sheep. Agr. J. 59: 589-591.
- REEVE, E. SHIVE, J.W. 1943. Potassium-boron relations in plants. Better Crops with Plant Food. 27(4): 14-16., 45-48.
- REEVE, E. SHIVE, J.W. 1944. Potassium-boron and calcium-boron relationship in plant nutrition. Soil. Sci. 57: 1-14.
- REMY, TH. 1909. Beiträge zur Kultur des Rapses. Frühlings Landw. Zeitung. 58. 81– 92.
- REMY, TH. 1939. Düngung und Verlauf der Nährstoffaufnahme. Ernähr. d. Pflanze. 35:129-132.
- ROEMER, TH. & Scheffer, F. 1959. Lehrbuch des Ackerbauers. 5. Aufl. Verlag Paul Parey. Berlin.
- RUZSÁNYI L. 1974. A műtrágyázás hatása egyes szántóföldi növényállományok vízfogyasztására és vízhasznosítására. Növénytermelés. 23:249-258.
- SANDSTED, R.F. 1989. Dry beans. In: Detecting mineral nutrient deficiencies in tropical and temperate crops. 105-115. Eds.: Plucknett, D.L. – Sprague, H.B. Westview Press. Boulder, San Francisco, London.
- SARKADI J. – BALLA ANÉ – MIKLAYNÉ T. E. 1984. Műtrágyázási tartamkísérletek eredményei mészlepedékes csernozjom talajon. I. NP műtrágyahatások az őszebúza kísérletben. Agrokémia és Talajtan. 33:355-374.
- SARKADI J. 1975. A műtrágyaigény becslésének módszerei. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- SARKADI J. 1979. Az intenzív tápanyagellátás hatása a talaj termékenységre. Ankét. 5-35. MTA TAKI Budapest.
- SARKADI J. – BALLA ANÉ (1990): Műtrágyázási tartamkísérletek eredményei mészlepedékes csernozjom talajon. III. Kukorica-kísérletek. Agrokémia és Talajtan. 39:103-110.



- SAUERBECK, D. 1985. Funktionen, Güte und Belastbarkeit des Bodens aus agriculturchemischer Sicht. Materialien zur Umweltforschung. Kohlhammer Verlag. Stuttgart.
- SCHMIDT, D. R. 1961. Dry matter and nitrogen content of oat harvested at various stages. Agron. J. 53: 8-10.
- SHALABY M.H. – KÁDÁR I. 1983. A foszfor és cink trágyázás közötti kölcsönhatások vizsgálata meszes homoktalajon. Agrokémia és Talajtan. 33: 261-267.
- SHALABY M.H. & KÁDÁR I. 1984. A foszfor- és a cinktrágyázás közötti kölcsönhatások vizsgálata meszes homoktalajon. Agrokémia és Talajtan. 33. 261-267. 1983.
- SHALABY, M.H. – KÁDÁR I. 1984. A kálium és a bór közötti kölcsönhatások vizsgálata napraforgó jelzőnövényrel meszes homoktalajon. Agrokémia és Talajtan. 33: 275-280.
- SHEARD, R.W. 1971. Edaphic aspects of crownvetch in Ontario. Univ. of Guelph. Ontario, Canada. 43-48.
- SILLANPÄÄ M.: 1982. Micronutrients and the nutrient status of soils: a global study. FAO Soils Bulletin N. 48. Rome
- SIMKINS, C. A., OVERDAHL, C. J. & GRAVA, J., 1970. Fertilizer for alfalfa. Univ. of Minnesota. Extension Folder 255. St. Paul, Minnesota, USA.
- SIPPOLA, J. – ERVIÖ, R. 1977. Determination of boron in soils and plants by the azomethine-H method. Finn. Chem. Lett. 1977: 138-140.
- SOMMER, A.L. – LIPMAN, C.B. 1926. Evidence on the indispensable nature of zinc and boron for higher green plants. Plant Physiol. 1: 231-249.
- SOMMER, A.L. 1927. The search for elements essential in only small amounts for plant growth. Science. 66: 482-484.
- SOPER, R. J., 1971. Soil test as a mean of predicting response of rape to added N, P and K. Agron. J. 63. 564-566.
- SZABÓ S.A. – REGIUSNÉ M.Á. – GYÓRI D. 1987. Mikroelemek a mezőgazdaságban. I. Esszenciális mikroelemek. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 234 p.
- SZALAI I. 1974. Növényélettan.I. kötet. Anyagcsere-élettan. 2. átdolgozott kiadás. Tankönyvkiadó. Budapest.
- SZEMES I. – LÁSZTITY B. – MAZSOLÁN I. 1984. Adatok a feltöltő PK-műtrágyázás vizsgálatához rozsdabarna erdőtalajon. Növénytermelés. 33(4): 351-356.
- SZEMES I. & KÁDÁR I. 1990. Műtrágyázás és meszezés tartamhatásának vizsgálata savanyú homoktalajon. Növénytermelés. 39:147-155.
- SZPRAVOCSNIK, 1960. Szpravocsnik po mineral'nüm udobrenijam. Goszud. Izd. sz/h Literaturü. Moszkva.
- THAMM FNÉ 1990. Növényminták nitráttartalmának meghatározását befolyásoló tényezők vizsgálata. Agrokémia és Talajtan. 39:191-206.
- THORNE, W., 1957. Zinc deficiency and its control. Advances in Agronomy. 9. 31-65.
- TISDALE S.L.- NELSON W. L.: 1966. Soil fertility and fertilizers. Second Edition. MacMillan Company. New York.

- TÖLGYESI Gy. 1965. A keszthelyi lápon termett szálastakarmányok réz és molibdén tartalmának takarmányozási vonatkozásai. Magyar Állatorvosok Lapja. 20: 502-506.
- TÖLGYESI Gy. 1969. A növények mikroelemtartalma és ennek mezőgazdasági vonatkozásai. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 190 p.
- TÖLGYESI Gy. 1989. A bór helyzete és szerepe a táplálékláncban. Magyar Állatorvosok Lapja. 44(4): 249-252.
- TÖLGYESI Gy. 1990. Boron content of lucerne. Acta Agr. Hung. 39: 287-295.
- TÖLGYESI Gy. – KOZMA A. 1974. Factors affecting boron uptake by grasses. Agrokémia és Talajtan. 23: 83-98.
- TURKHEDE, B.B., RAJAT, DE, RAMANATHAN, V.S. & SEWA, R. 1981. Effects of N and P rates and plant densities on the opium, morphine and seed yield of opium poppy. Indian J. Agric. Sci. 51:659-662.
- TYURIN, I.V. 1937. Organicszeszkoe veseszesztvo pocsvü. Szel'hozgiz. Moszkva.
- UNDERWOOD, E. J. 1960. Trace elements in human and animal nutrition. New York.
- UNK J. (Szerk.) 1960. A mák és termesztése. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- UNK J. (Szerk.) 1966. A mák és termesztése. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- USAKOVA, V.F. 1966. Obezpecsennoszt' pocsv borom, molibdenom i margacem pri dlitel'nom primenenii organicszeszkoh i mineral'nüh udobrenij. In: Udobrenie i plodorodie pocsvü. (Szerk.: P. G. Najdin) 189-262. Izd. Kolosz. Moszkva.
- VÁGÓ I. 1994. A talajok B-tartalmának és a növények B-felvételének vizsgálata. Kand. Értekezés Tézisei. DATE Debrecen. Kézirat. 21 p.
- VARGA GY.: 1969. A talajokban előforduló különböző N vegyületek elemzése Bremner szerint. Agrokémia és Talajtan. 18. 479-484.
- VARIS, E.: 1970. Variation in the quality of table potato and the factors influencing it in Finland. Acta Agr. Fennica. 118. 3:1-99.
- VARJÚ M. - ZSOLDOS F., 1974. Növényi anyag előkészítése elemzésre zárt térben történő hidrolízissel. Agrokémia és Talajtan. 23. 149-156.
- VERTREGT, N.: 1968. Relation between black spot and composition of potato tuber. Europ. Potato J. 11:1, 34-41.
- VIETS, F.G. Jr. - L.C. BOAWN - C.L. CRAWFORD 1954. Zinc contents and deficiency symptoms of 26 crops grown on zinc-deficient soil. Soil Sci. 78:305-316.
- VOISIN A.: 1964. A talaj és a növényzet az állat és az ember sorsa. Mezőgazdasági Kiadó Budapest.
- VOISIN, A. 1965. Fertilizer application. Soil, plant, animal. Crosby Lockwood. London.
- WARINGTON, K. 1923. The effect of boric acid and borax on the broad bean and certain other plants. Ann. Bot. 37: 629-672.
- WEAR, J.J. – Patterson, R. M. 1962. Effect of soil pH and texture on the availability of water-soluble boron in the soil. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 26: 543-546
- WILSON, J. 1968. Crownvetch in the Great Plains. Sec. Crownvetch Symp. Pennsylv. State Univ. 67-72. USA.
- YADAV, R.L., MOHAN, R., SINGH, R. & GUPTA, M.M. 1983. Effect of sowing date, population density and row spacing on growth and yield of opium poppy in NC subtropical. India J. Agric. Sci. Camb. 101:163-167.

---

## IV. Búza utáni kukorica trágyareakciója a mezőföldi OMTK kísérletben 1969-2007 között

---

### Bevezetés és irodalmi áttekintés

A különböző adagú és arányú NPK műtrágyák hatásának vizsgálata céljából 1966-ban kezdődtek meg hazánkban az ún. egységes Országos Műtrágyázási Tartamkísérletek (OMTK). Az eredetileg 26 termőhelyen azonos metodikával indított nagyszabású kísérletsorozat tervét az akkori Földművelésügyi Minisztérium által megbízott kollektíva dolgozta ki Láng Géza akadémikus vezetésével. A kísérleteket ún. „terített” vetésforgóban évente fokozatosan állították be. Minden egyes kísérlet külön kódszámot kapott a beállítás évének és a forgónak megfelelően. Az országos kísérletsorozat főbb eredményeit átfogóan az Akadémiai Kiadó gondozásában megjelent „Trágyázási Kutatások 1960-1990” című monográfia mutatta be (Szerk.: *Debreczeni B. és Debreczeni Bné* 1994), valamint a *Blaskó et al.* (1998) szerkesztésében megjelent „Műtrágyázás, talajsavanyodás és meszesedés összefüggései az OMTK kísérlethálózat talajain” című tanulmánykötet foglalta össze. A mélyfúrások ill. a NO<sub>3</sub>-N mozgásával kapcsolatos eredményekről *Németh* (1995, 1996) számolt be.

Az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete mezőföldi/nagyhőrcsöki kísérleti telepén elkezdett kísérleti munkáról, annak eredményeiről először *Sarkadi és munkatársai* (1984, 1985) tudósítottak. Később a kísérletek részeredményeiből több közlemény is napvilágot látott (*Csathó et al.* 1989, *Sarkadi és Balláné* 1990, *Csathó* 1992, *Lászlótyi és Csathó* 1994, *Kádár* 1998). Továbbiakban az 1967 őszen indult A-17 jelű tartamkísérlet 1968-2007 évek közötti kukorica termések adatait ismertettjük, melyek átfogó közlésére még nem kerülhetett sor. Az 1968-2004. évek búza terméseinek eredményeit előző munkánk taglalta (*Kádár és Márton* 2005). Megemlítjük, hogy a búza termése átlagosan, évjáratától függően 1-2 t/ha-ral nőtt a borsó elővetemény után a nem pillangós előveteményekhez viszonyítva.

### Anyag és módszer

Az A-17 jelű kísérletet 1967 őszen állították be 20 kezeléssel x 4 ismétlésben, összesen 80 parcellával. A N és a P hatását 3-3, a K hatását 2-2 szinten vizsgáljuk az összes lehetséges 3x3x2=18 kombinációban. Mindezt kiegészíti a kezeletlen kontroll és egy megemelt NPK-adag. A split-plot elrendezésen belül a K-kezelések a főparcellát, míg a N és P kombinációk az alparcellákat jelentik. Műtrágyák adagjai a 4. és a 21. év után változtak, megemelkedtek a kor elvárásainak megfelelően. Eltértek növényfajonként is. Amint az *1. táblázatban* látható, a 4. évet követően mindhárom növényfaj azonos P-trágyázásban részesül. A borsó mérsékeltebb N-adagokkal, míg a kukorica a nagyobb K-adagokkal tűnik ki.

**1. táblázat:** Műtrágyaadagok az A-17. jelű OMTK kísérletben 1968-2007 között (Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)

NPK szintek	1-4. év	5-20. év	21. évtől	1-4. év	5-20. év	21. évtől	1-4. év	5-20. év	21. évtől
	búza alá adott			kukorica alá adott			borsó alá adott		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N <sub>1</sub>	35	50	100	40	50	100	0	0	50
N <sub>2</sub>	70	100	150	80	100	150	20	32	75
N <sub>3</sub>	105	150	200	120	150	200	40	65	100
N <sub>4</sub>	140	200	250	160	200	250	40	97	125
P <sub>0</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P <sub>1</sub>	35	50	60	35	50	60	40	50	60
P <sub>2</sub>	70	100	120	70	100	120	80	100	120
P <sub>3</sub>	105	150	180	105	150	180	120	150	180
K <sub>0</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>1</sub>	70	100	100	100	100	200	80	100	100

Megjegyzés: Az adagok N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O kg/ha/év trágyázást jelentenek. Az 1970-ben termesztett tavaszi árpa a búzával azonos műtrágyázásban részesült.

Az A-17 jelű kísérlet pillangós forgót takar búza-kukorica-kukorica-borsó jelzőnövényekkel. 1970-ben tavaszi árpa, 1985-ben tavaszi repce került az egyik kukorica helyére. A 2. táblázatban feltüntettük a kísérlet évét, korát, a vetett növényfajt és fajtát. A növényfajok követik a köztermesztésben beálló változásokat, az alkalmazott agrotechnika szintén megfelel az üzemekben szokásosnak. Eltérést a parcellánkénti mérések jelentik a kísérleti jellegből adódóan, valamint a kézzel végzett parcellánkénti műtrágyázás. A P és K műtrágyákat, valamint a N adagjának felét őszi szántás előtt, a N másik felét fejtrágyaként szórjuk ki pétisó, szuperfoszfát és kálisó formájában.

A kísérleti telep átlagos középhőmérséklete 11 °C, a csapadék átlagos éves mennyisége 590 mm, szárazságra hajló, az Alföldhöz hasonló. A löszön képződött mészlepedékes talaj CaCO<sub>3</sub> tartalma átlagosan 5 %, humuszkészlete 3 %, agyagtartalma 20-22 % a szántott rétegben. A pH(KCl) 7.3, AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 60-80 mg/kg, AL-K<sub>2</sub>O 180-200 mg/kg, KCl-oldható Mg 150-180 mg/kg. A KCl+EDTA oldható Mn 80-150, Cu 2-3, Zn 1-2 mg/kg. A szaktanácsadásban elfogadott irányelvek szerint ezek az adatok kielégítő K, Mg és Mn, közepes N és Cu, valamint gyenge P és Zn ellátottságot jelentenek.

Talajmintavételre 1980., 1984., 1988., 1997., 2004. években került sor. Parcellánként 20-20 pontból botfúróval vettünk átlagmintákat a 0-20 cm feltalajból. Mintákban meghatároztuk az ammóniumlaktát oldható P és K tartalmakat Egnér et al. (1960) módszerével, hogy nyomon kövessük a parcellák oldható P és K elemkészleteiben beálló változásokat. Összefüggést kívántunk keresni ezen túlmenően a kukorica szemtermése és a talajvizsgálati adatok között, hogy a műtrágyázást irányító talajvizsgálati határértékeket/optimumokat a szaktanácsadás számára kidolgozzuk.

**2. táblázat:** Az A-17. jelű OMTK kísérlet növényi sorrendje 1968-2007 között

Kísérlet éve	kora	Növényfaj Forgó	Növény fajtája	Kísérlet éve	kora	Növényfaj Forgó	Növény Fajtája
1968	1	Őszi búza	Bezostája 1.	1988	21	Őszi búza	Mv 19
1969	2	Kukorica	Mv 602	1989	22	Kukorica	Pi 3901
1970	3	Tavaszi árpa	MFB 104	1990	23	Kukorica	Pannónia 3737
1971	4	Borsó	IP 2	1991	24	Borsó	IP 3
1972	5	Őszi búza	Bezostája 1.	1992	25	Őszi búza	Mv 21
1973	6	Kukorica	Mv Sc 580	1993	26	Kukorica	Stíra
1974	7	Kukorica	Mv Sc 580	1994	27	Kukorica	Stíra
1975	8	Borsó	IP 3	1995	28	Borsó	IP 3
1976	9	Őszi búza	Kavkaz	1996	29	Őszi búza	Mv 21
1977	10	Kukorica	Mv Sc 580	1997	30	Kukorica	Stíra
1978	11	Kukorica	Mv Sc 580	1998	31	Kukorica	Stíra
1979	12	Borsó	IP 3	1999	32	Borsó	Janus
1980	13	Őszi búza	GK 3	2000	33	Őszi búza	Mv-Magvas
1981	14	Kukorica	Sze Sc 444	2001	34	Kukorica	Juventus
1982	15	Kukorica	Sze Sc 444	2002	35	Kukorica	Juventus
1983	16	Borsó	IP 3	2003	36	Borsó	Janus
1984	17	Őszi búza	Mv 4	2004	37	Őszi búza	Mv-Magvas
1985	18	Tav. Repce	Wester	2005	38	Kukorica	PR38A24
1986	19	Kukorica	Pi 3732	2006	39	Kukorica	PR38A24
1987	20	Borsó	IP 3	2007	40	Borsó	(tervezett)

#### Kísérleti eredmények

A kísérleti helyen mérjük a csapadékot. A 3. táblázatban az 1968-2004. években lehullott éves, valamint a tenyészidő alatti mennyiségeket tüntettük fel. A legközelebbi meteorológiai állomáson mért 50 éves átlag 590 mm/év, a tenyészidő alatti IV-IX. havi összeg pedig 316 mm. A bemutatott adatok szerint a sokéves átlagot legalább 50 mm-rel meghaladó kedvező évek mindössze 5 minősül: 1969, 1974, 1975, 1998, 1999. Viszont 22 évben elmarad az éves csapadék összege legalább 50 mm-rel a sokéves átlagtól. Extrém száraz évek tekinthető 1968., 1994., 1997. és 2000, amikor az éves csapadék több mint 200 mm-rel maradt el a sokéves átlagtól. Csapadékban legszegényebb évünk 1997 volt 319 mm, leggazdagabb az 1999. év 830 mm esővel. Ugyanezen években a tenyészidő IV-IX. hónapjai alatt 183, ill. 564 mm volt a mért csapadék, tehát az eltérés több mint 3-szorosnak adódott.

3. táblázat: A csapadék megoszlása évenként és az őszi búza tenyészideje alatt

Időszak, Évek	Éves összeg	Tenyészidő alatt IV-IX. hó	Időszak, évek	Éves Összeg	Tenyészidő alatt X-VI. hó
1968	358	212	1988	518	290
1969	681	341	1989	468	321
1970	584	348	1990	498	325
1971	407	282	1991	522	308
1972	619	458	1992	471	217
1973	483	287	1993	487	205
1974	755	422	1994	370	242
1975	681	495	1995	483	287
1976	576	312	1996	407	316
1977	522	256	1997	319	183
1978	543	384	1998	682	458
1979	535	238	1999	830	564
1980	603	282	2000	384	180
1981	516	288	2001	622	432
1982	496	295	2002	476	341
1983	421	221	2003	425	210
1984	619	355	2004	607	310
1985	562	276	2005	649	490
1986	440	220	2006	475	334
1987	603	357	2007	-	-

Megjegyzés: A legközelebbi állomáson Sárbogárdon mért 50 éves átlag 590 mm, a tenyészidő alatti IV-IX. havi összeg 316 mm

A kukorica előveteménye minden évben a búza volt, így 1968-2001. között, a 38 év alatt 10 ilyen búza utáni kukoricaév adódott: 1969, 1973, 1977, 1981, 1985, 1989, 1993, 1997, 2001. Amint az első 4 kukoricaévben látható, 1969-1981. között a trágyázatlan kontroll szemtermését az önmagában adott kisebb N-adag igazolhatóan növeli, viszont a N<sub>3</sub>-szinten P nélkül már a termés általában visszaesik. A P-hatások különösen kifejezetté válnak a nagyobb N-szinteken, K-trágyázás nélkül elérve az 1,5-4,5 t/ha szemterméstöbbleteket. A K-hatások kezdetben nem következtetések ezen a K-mal közepesen ellátott vályogtalajon, de a későbbi években és az NP átlagában mérve 1977-ben 1,0 t/ha, 1981-ben 1.4 t/ha szemterméstöbbletet eredményeztek (4. táblázat).

4. táblázat: A 17-A jelű OMTK kísérlet őszi búza utáni kukorica szemtermés eredményei 1969-1981. között, t/ha

N- Szintek	P- Szintek	1969		1973		1977		1981	
		K <sub>0</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>0</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>0</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>0</sub>	K <sub>1</sub>
0	0	7,37	-	7,70	-	5,53	-	3,88	-
1	0	8,40	9,01	8,52	8,23	6,03	7,41	5,03	5,73
1	1	8,24	9,26	8,35	8,99	6,81	7,85	7,47	7,85
1	2	9,95	9,05	8,98	8,84	7,00	7,37	7,48	7,16
2	0	8,11	9,10	7,51	6,55	6,79	7,38	4,43	5,98
2	1	8,10	9,08	8,91	6,70	7,83	8,75	7,57	8,58
2	2	8,54	9,60	8,65	8,85	7,85	8,99	7,99	8,31
3	0	7,60	8,35	3,97	5,82	6,38	7,63	3,49	5,84
3	1	8,46	9,54	8,35	8,19	7,72	9,35	7,70	8,81
3	2	9,26	9,03	8,86	6,67	8,35	8,89	8,27	8,54
4	3	-	9,82	-	6,29	-	8,90	-	7,91
SzD <sub>5%</sub>		0,46		0,72		0,58		0,67	
N-szintek (P átlagában)									
1		8,86	8,97	7,06	6,89	7,48	8,62	6,49	7,73
2		8,25	9,26	8,35	7,37	7,49	8,37	6,66	7,62
3		8,44	8,97	7,06	6,89	7,48	8,62	6,49	7,73
SzD <sub>5%</sub>		0,27		0,41		0,33		0,38	
P-szintek (N átlagában)									
	0	8,03	8,82	6,67	6,87	6,40	7,47	4,32	5,85
	1	8,27	9,29	8,53	7,96	7,45	8,65	7,58	8,41
	2	9,25	9,23	8,83	8,12	7,73	8,42	7,91	8,00
SzD <sub>5%</sub>		0,27		0,41		0,33		0,38	
NP-átlag		8,52	9,11	8,01	7,65	7,19	8,18	6,60	8,00

Megjegyzés: N és P műtrágyaadagokat lásd az 1. táblázatban

A második 4 kukoricaév adatait az 5. táblázat tekinti át 1989-2001. években. Itt is megfigyelhető az első N-adag termésnövelő hatása a trágyázatlan kontrollhoz viszonyítva, ill. a nagyobb N<sub>3</sub>-szintek depresszív hatása PK-trágyázás nélkül. A P-trágyázás viszont csak a mérsékelt P<sub>1</sub> szinten hatékony, a megnövelt P<sub>2</sub> vagy P<sub>3</sub> szintek egyre inkább jelentős terméseszkökenést eredményeznek a P<sub>1</sub> szinthez képest. Korábbi vizsgálataink szerint ennek oka a P-Zn antagonizmus, a P-túlsúly által kiváltott Zn-hiány ezen a Zn-kel gyengén ellátott meszes csernozjom talajon (Elek és Kádár 1975, Kádár 1987, Csathó 1992, Csathó et al. 1989). Az 5. táblázatban bemutatott adatokból az is megállapítható, hogy a K-trágyázásban részesült parcellákon rendre nagyobb termések képződtek, különösen az 1989-es évben és 2001-ben.

5. táblázat: A 17-A jelű OMTK kísérlet őszi búza utáni kukorica szemtermés eredményei 1989-2001. között, t/ha

N - Szintek	P- Szintek	1989		1993		1997		2001	
		K <sub>0</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>0</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>0</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>0</sub>	K <sub>1</sub>
0	0	5,40	-	5,37	-	6,59	-	6,80	-
1	0	6,51	6,76	6,31	5,98	9,19	9,13	7,60	7,80
1	1	7,85	10,01	7,79	7,94	9,79	10,80	7,40	9,50
1	2	7,45	9,19	6,82	7,34	9,46	10,62	5,90	8,00
2	0	6,05	7,01	6,25	5,91	8,92	9,05	6,50	7,80
2	1	8,09	9,72	7,79	7,99	10,18	10,85	6,80	9,60
2	2	7,23	8,76	7,03	7,29	9,26	10,10	6,50	7,50
3	0	5,40	6,90	5,99	6,26	8,66	10,06	6,90	8,60
3	1	8,25	9,79	7,28	8,09	10,12	10,91	7,00	8,90
3	2	7,71	8,45	6,90	7,00	9,60	9,91	5,90	8,30
4	3	-	6,89	-	5,46	-	8,88	-	5,80
SzD <sub>5%</sub>		0,78		0,60		0,77		0,90	
N-szintek (P átlagában)									
1		7,27	8,65	6,98	7,09	9,48	10,18	7,00	8,40
2		7,12	8,50	7,03	7,06	0,45	10,00	6,60	8,30
3		7,12	8,38	6,72	7,12	9,46	10,29	6,60	8,60
SzD <sub>5%</sub>		0,45		0,34		0,43		0,50	
P-szintek (N átlagában)									
	0	5,99	6,89	6,19	6,05	8,92	9,41	7,00	8,10
	1	8,06	9,84	7,62	8,00	10,03	10,85	7,10	9,30
	2	7,46	8,80	6,92	7,21	9,44	10,20	6,10	8,00
SzD <sub>5%</sub>		0,45		0,34		0,43		0,50	
NP-átlag		7,17	8,51	6,91	7,09	9,46	10,16	6,70	8,20

Megjegyzés: N és P műtrágyaadagokat lásd az 1. táblázatban

1985-ben egy olajnövény, az őszi káposztarepce került a kukorica helyére. A trágyázatlan kontroll talajon mindössze 0,4 t/ha magtermés termett, melyet az együttes NP-trágyázás 4,0-4,5-szeresére, az NPK-trágyázás 5-szörösére volt képes növelni. A P-kezelések átlagában mért N-hatások jelentéktelenek maradtak, K-trágyázás nélkül nem is igazolhatók. Ezzel szemben az átlagos P-hatások látványosak 1 t/ha körüli magtermés-többletekkel. A 6. táblázatban bemutatjuk a 4-4 éves kukorica átlagait is. Amint az adatokból megállapítható, az első 4 kukoricaév átlagosan és kerekén 0,5 t/ha szemterméstöbbletet, míg a második 4 kukoricaév 0,9 t/ha többletet produkált a K-trágyázás nyomán. Úgy tűnik, a talaj K-szolgáltató képessége csökken az idők folyamán, ill. a K-trágyázás hatékonysága emelkedik.



6. táblázat: A 17-A jelű OMTK kísérlet repce magtermése 1985-ben és az őszi búza utáni kukorica 4 éves átlagok, t/ha

N-Szintek	P-Szintek	1985		1969-1981		1989-2001	
		K <sub>0</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>0</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>0</sub>	K <sub>1</sub>
0	0	0,39	-	6,12	-	6,04	-
1	0	0,65	0,72	7,00	7,60	7,40	7,42
1	1	1,52	1,54	7,72	8,49	8,21	9,56
1	2	1,64	1,59	8,35	8,11	7,41	8,79
2	0	0,62	0,94	6,71	7,25	6,93	7,44
2	1	1,72	1,90	8,10	8,28	8,22	9,54
2	2	1,83	1,86	8,26	8,94	7,51	8,41
3	0	0,51	0,89	5,36	6,91	6,74	7,96
3	1	1,82	2,07	8,06	8,97	8,16	9,42
3	2	1,78	1,98	8,69	8,28	7,53	8,42
4	3	-	1,90	-	8,23	-	6,76
SzD <sub>5%</sub>		0,22		0,61		0,76	
N-szintek (P átlagában)							
1		1,27	1,28	7,69	8,06	7,68	8,58
2		1,39	1,56	7,69	8,16	7,55	8,47
3		1,37	1,65	7,37	8,05	7,48	8,60
SzD <sub>5%</sub>		0,13		0,35		0,43	
P-szintek (N átlagában)							
	0	0,59	0,85	6,36	7,25	7,03	7,61
	1	1,69	1,83	7,96	8,58	8,20	9,50
	2	1,75	1,81	8,43	8,44	7,48	8,56
SzD <sub>5%</sub>		0,13		0,35		0,43	
NP-átlag		1,34	1,50	7,58	8,09	7,56	8,49

Megjegyzés: N és P műtrágyaadagokat lásd az 1. táblázatban

A szántott réteg ammóniumlaktát (AL) oldható PK-tartalmáról tájékozódhatunk a 7. táblázatban összefoglalt eredmények alapján. Az adatokból látható, hogy az emelkedő P-trágyázási szintek és az évek kumulatív hatása nyomán a szántott réteg AL-oldható P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> készlete nagyságrendi változást szenvedett az extrém hiányos és az extrém túlsúlyos parcellákat összehasonlítva. Ami az AL-K<sub>2</sub>O készletet illeti, tendenciájában nyomon követhető a feltalaj elszegényedése a K-ot nem kapott kontroll talajon. Mivel a K-ban gazdag melléktermés is elkerül a tábláról/kísérletből, becsléseink szerint forgónként átlagosan mintegy 400 kg/ha K<sub>2</sub>O elvonás történhetett. Az évente adott mérsékelt K-adagok jobbra a kivont K mennyiségét ellensúlyozhatják, fenntartva vagy enyhén növelve a szántott réteg K-készletét.

**7. táblázat:** Műtrágyázás hatása a szántott réteg AL-oldható PK-tartalmára az A-17 jelű kísérletben

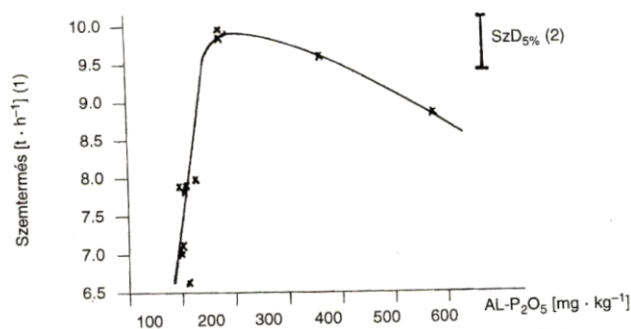
N- Szintek	P- Szintek	Ammóniumlaktát (AL)-oldható P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , mg/kg				
		1980	1984	1988	1997	2004
1	0	67	55	55	49	59
1	1	107	106	103	146	170
1	2	186	185	204	394	392
2	0	71	56	57	53	58
2	1	104	97	96	129	149
2	2	166	180	190	366	365
3	0	64	76	58	41	61
3	1	118	90	99	153	184
3	2	148	171	183	357	402
4	3	184	237	265	586	643
SzD <sub>5%</sub>		34	55	18	39	36
N-szintek (P átlagában)						
1		120	115	121	197	207
2		114	111	114	182	190
3		110	112	113	183	216
SzD <sub>5%</sub>		15	20	10	22	21
P-szintek (N átlagában)						
	0	67	64	57	48	59
	1	110	98	99	143	168
	2	167	178	192	372	386
	3	184	237	265	586	643
SzD <sub>5%</sub>		15	20	10	22	21
Átlag		132	144	153	187	214
K Szintek		Ammóniumlaktát (AL)-oldható K <sub>2</sub> O, mg/kg				
		1980	1984	1988	1997	2004
	0	186	176	130	115	132
	1	212	248	227	266	270
SzD <sub>5%</sub>		7	7	12	9	14
Átlag		199	212	178	190	201

Megjegyzés: N és P műtrágyaadagokat lásd az 1. táblázatban. AL-K<sub>2</sub>O tartalmak az NP kezelések átlagai

A korábban említett növekvő K-hatások minden bizonnyal összefüggnek a talaj oldható K-készletének csökkenésével. Az eredetileg K-mal kielégítően ellátott talaj a gyenge ellátottsági kategóriába került. A K-hatásokat tekintve megállapítható, hogy ezen a karbonátos vályog talajon kívánatos a szántott réteg AL-K<sub>2</sub>O készletét a 200 mg/kg körüli tartományban tartani a stabil és kielégítő kukoricatermések elérése céljából. Ez a

„kielégítő” K-ellátottsági szint a K-mérleg egyenlegét biztosító K-trágyázással tartható fenn.

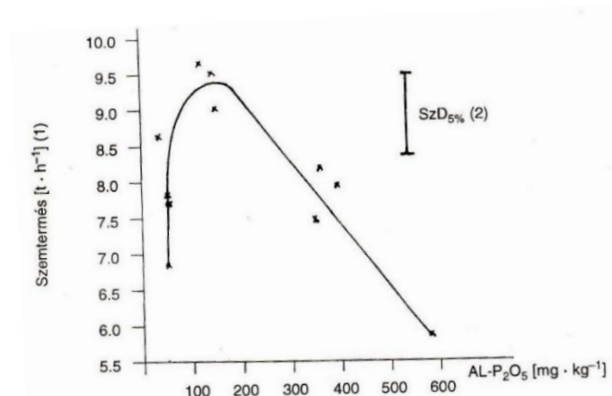
A talaj szántott rétegének AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tartalma és a kukorica szemtermése közötti összefüggést az 1980., 1984. és 1988. években és a P-kezelések átlagaiban az 1. ábra szemlélteti.



1. ábra: A talaj szántott rétegének AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-tartalma és a búza utáni kukorica szemtermése közötti összefüggés az 1980., 1988. és az 1997. év átlagában

Az optimális AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tartalom a 150 mg/kg koncentráció körül található. Az elégtelen és a túlzott P-trágyázás egyaránt termésvesztést jelenthet. A P-túlsúllyal nő az indukált Zn-hiány, a terméseszköken az idővel egyre kifejezettebbé válhat. Így pl. 1993-ban a kísérlet 26. évében a trágyázatlan kontroll termése 5,4, a P-túlsúlyos kezelésé 5,5 t/ha mennyiséget tett ki, 2,5 t/ha termésvesztést produkálva a mérsékelt P-trágyázáshoz viszonyítva. Az utolsó kukorica évben 2001-ben a P-túlsúlyos parcellák termése 1,0 t/ha-ral maradt el a 34 éve trágyázásban nem részesült kontrollétól, ill. 3-4 t/ha termésvesztés jelentkezett a mérsékelt P-trágyázotthoz képest (2. ábra).

A P-túlsúly által kiváltott Zn-hiány ill. termésdepresszió évenként eltérő mértékben jelentkezik, van tehát „évhatás”. Mindez abból is adódhat, hogy a P és a Zn talajbani oldhatósága ill. felvehetősége eltérő lehet. A környéken gazdálkodó üzemek figyelmét a P-túltrágyázás veszélyeire már korábban felhívtuk. A volt Mezőfalvai Mezőgazdasági Kombinát trágyázási gyakorlatának áttekintése után kiderült, hogy a táblák egy részének P-ellátottsága nemkívánatos mértékben megemelkedett. A helyszíni talaj- és növényvizsgálatok, valamint az üzemi tápelemmérlegek adatai alapján javasoltuk a P-műtrágyák használatának mintegy 50 %-os mérséklését és egyidejűleg a Zn-érzékeny kukorica Zn-trágyázását, ill. az őszi búza Cu-trágyázását (Kádár et al. 1981).



2. ábra: A talaj szántott rétegének AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-tartalma és a búza utáni kukorica szemtermése közötti összefüggés a 2001. évben

### Összefoglalás

Az OMTK A-17 jelű NPK műtrágyázási kísérletet 1967 őszén állítottuk be 20 kezeléssel és 4 ismétléssel, összesen 80 parcellával búza-kukorica- kukorica-borsó forgóban. Jelen munkánkban az 1968-2007. között, tehát a kísérlet 40 éve alatt kapott 10-10 kukoricaév eredményeit ismertetjük. A termőhely löszön képződött mésztepedékes csernozjom talaja a szántott rétegben mintegy 5 % CaCO<sub>3</sub>-ot, 3 % humuszt és 22 % agyagot tartalmaz, N-nel és K-mal eredetileg kielégítően, P-ral és Zn-kel gyengén ellátott. A talajvíz szintje 13-15 m mélyen helyezkedik el, a terület aszályérzékenynek minősül 550-600 mm átlagos éves csapadékösszeggel. Műtrágyaként pétisót, szuperfoszfátot és kálisót alkalmaztunk. Levonható főbb következtetések:

- A trágyázatlan kontroll parcellák szemtermése búza utáni kukoricánál, kukorica utáni kukoricánál 3,3-5,9 t/ha, míg az optimális NPK kezeléseknél 8,8-13,6 t/ha „búza utáni kukoricánál, illetve 7,2-12,3 t/ha kukorica utáni kukorica esetében. A termésvesztés tehát a kontrollon 0,5-1,8 t/ha/év, NPK kezeléseknél 1,5 t/ha/év átlagosan a kukorica után vetett kukoricában. Termésmaximumok a 150 kg/ha/év N-adaghoz, ill. a 150-200 mg/kg ammóniumlaktát (AL)-oldható P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> és K<sub>2</sub>O tartalomhoz kötődtek a szántott rétegben.

- Az önmagában adott mérsékelt 50-100 kg/ha/év N-trágyázás a termést növeli, azonban az e feletti egyoldalú N-trágyázás nyomán a szemtermés általában visszaesik. A P-hatások kifejezetté válnak a nagyobb N-szinteken 2-4 t/ha szemterméstöbbleteket eredményezve. Csak a mérsékelt 50-60 kg/ha/év P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> adagok bizonyulnak hatékonynak. Az elégtelen és a túlzott P-trágyázás egyaránt termésvesztést okozhatott mindkét elővetemény után.

- Az utolsó kukoricaévben, 2001-ben az extrém P-túlsúlyos parcellák termése a 34 éve trágyázatlan kontroll termésétől is 1 t/ha-val elmaradt. A P-túlsúly által kiváltott Zn-hiány nyomán 3-4 t/ha termésvesztés alakult ki az optimális/mérsékelt P-ellátottsághoz viszonyítva.

- A trágyahatások időfüggők, mert változik a talaj összetétele, elemkínálata. Az induláskori 180-200 mg/kg AL-K<sub>2</sub>O tartalom a 3 évtized alatt 120-130 mg/kg értékre, a

80 mg/kg AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> készlet 50-60 mg/kg értékre süllyedt, mellyel az emelkedő PK-hatások összefüggtek. Közelítően a forgó növényi felvételét tükröző 50-60 kg/ha/év P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, ill. 100-150 kg/ha/év K<sub>2</sub>O adagokkal a szántott réteg oldható AL-PK készlete fenntartható. A felvételt 2-3-szorosan meghaladó P-trágyázás nyomán a feltalaj AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tartalma nagyságrenddel dúsult mindkét kísérletben. A repce magtermését az együttes NPK trágyázás 5-szörösére növelte. Meghatározónak a P-trágyázás bizonyult.

## Irodalom

- Blaskó L. – Debreczeni Bné – Holló S. – Kadlicskó B. – Sárvári M. (Szerk.: 1998.) Műtrágyázás, talajsavanyodás és meszezés összefüggései az OMTK kísérlethálózat talajain. OMTK kiadvány. Regiocon Kft. Kompolt-Karcag.
- Csathó P. – Kádár I. – Sarkadi J. (1989): A kukorica műtrágyázása meszes csernozjom talajon. *Növénytermelés*. 38:69-76.
- Csathó P. (1992): K- és P-hatások kukoricában meszes csernozjom talajon. *Agrokémia és Talajtan*. 41:241-260.
- Debreczeni B. – Debreczeni Bné (1994): Trágyázási kutatások 1960-1990. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Egnér, H. – Riehm, H. – Domingo, W.R. (1960): Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. K. *Lantbr. Högsk. Ann.* 26:199-215.
- Kádár I. (1998): Műtrágyázás hatása a talaj termékenységre mészlepedékes csernozjom talajon. Nagyhorcsók. In: Műtrágyázás, talajsavanyodás és meszezés összefüggései az OMTK kísérlethálózat talajain. 55-68. Szerk.: Blaskó et al. OMTK kiadvány. Regiocon Kft. Kompolt-Karcag.
- Kádár I. (1993): Különböző szemléletek a tápanyagutánpótlás alapelveiről. *Agrokémia és Talajtan*. 42:408-420.
- Kádár I. – Márton L. (2005): Búza műtrágyázása a mezőföldi OMTK kísérletben 1968-2004. között. *Növénytermelés*. 54: (In print)
- Lásztity B. – Csathó P. (1994): Tartós NPK műtrágyázás hatásának vizsgálata búza-kukorica dikultúrában. *Növénytermelés*. 43:157-167.
- Németh T. (1995): Nitrogen in Hungarian Soils – nitrogen management relation to groundwater protection. *J. Contam. Hydrology*. 20:185-208.
- Németh T. (1996): Talajaink szervesanyag-tartalma és nitrogénforgalma. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete. Budapest.
- Sarkadi J. – Balla Ané – Miklayné T. E. (1984): Műtrágyázási tartamkísérletek eredményei mészlepedékes csernozjom talajon. I. NP műtrágyahatások az őszebúza kísérletben. *Agrokémia és Talajtan*. 33:355-374.
- Sarkadi J. – Balla Ané – Miklayné T. E. (1985): Műtrágyázási tartamkísérletek eredményei mészlepedékes csernozjom talajon. II. K-hatások az őszebúza kísérletben. *Agrokémia és Talajtan*. 34:130-136.
- Sarkadi J. – Balla Ané (1990): Műtrágyázási tartamkísérletek eredményei mészlepedékes csernozjom talajon. III. Kukorica-kísérletek. *Agrokémia és Talajtan*. 39:103-110.

## V. Adatok a hazai lisztek és kenyerek ásványi összetételéhez

### Malomipari, sütőipari minták analízise, 2009 ősz

No./ Minta	Gyártó neve	Gyártó címe
<b>B Ú Z A M A G</b>		
1. Búza	Tápió-Malom Kft	Tápiószele
2. Búza	Tápió-Malom Kft	Tápiószele
3. Búza	Aszódi Malom	Aszód
4. Búza	Aszódi Malom	Aszód
5. Búza	Aszódi Malom	Aszód
6. Búza	Aszódi Malom	Aszód
7. Búza	Aszódi Malom	Aszód
8. Búza	Aszódi Malom	Aszód
9. Búza	EPMS RT. Malom	Kunszentmiklós
10. Búza	EPMS RT. Malom	Kunszentmiklós
11. Búza	EPMS RT. Malom	Kunszentmiklós
12. Búza	EPMS RT. Malom	Kunszentmiklós
13. Búza	EPMS RT. Malom	Kunszentmiklós
14. Búza	EPMS RT. Malom	Kunszentmiklós
<b>R O Z S M A G</b>		
15. Rozs	EPMS RT. Malom	Kunszentmiklós
16. Rozs	EPMS RT. Malom	Kunszentmiklós
17. Rozs	EPMS RT. Malom	Kunszentmiklós
<b>B Ú Z A L I S Z T</b>		
18. BL-55Búza	Bicskei Malom, Sikér Kft.	Tatabánya
19. BL-55 Kunsági búza	ABO MILL ZRT.	Nyíregyháza
20. BL-55 Bácskai búza	Diamant Inter Malom Kft.	Baja
21. BL-55Alba búza	CERBONA ZRT.	Székesfehérvár
22. BL-55 Búza	GYERMELY ZRT.	Gyermely
23. BL-55 búza	Tápió-Malom Kft.	Tápószele
24. BL-80 búza	Tápió-Malom Kft.	Tápószele
25. BL-55 búza	Tápió-Malom Kft.	Tápószele
26. BL-80 búza	Tápió-Malom Kft.	Tápószele
27. BL-55 búza	Aszódi Malom	Aszód
28. BL-55 búza	Aszódi Malom	Aszód
29. BL-80 búza	Aszódi Malom	Aszód
30. BL-80 búza	Aszódi Malom	Aszód
31. BL-55 búza	EPMS RT. Malom	Kunszentmiklós
32. BL-55 búza	EPMS RT. Malom	Kunszentmiklós
33. BL-55 búza	EPMS RT. Malom	Kunszentmiklós
34. BL-80 búza	EPMS RT. Malom	Kunszentmiklós
35. BL-80 búza	EPMS RT. Malom	Kunszentmiklós
36. BL-80 búza	EPMS RT. Malom	Kunszentmiklós

No./ Minta	Gyártó neve	Gyártó címe
<b>R O Z S L I S Z T</b>		
37. RL-90 rozs	EPMS RT.Malom	Kunszentmiklós
38. RL-90 rozs	EPMS RT.Malom	Kunszentmiklós
39. RL-90 rozs	EPMS RT.Malom	Kunszentmiklós
<b>D U R U M L I S Z T</b>		
40. DURUM	Csuta Imre	Békés, Szabó D.45.
<b>D A R A</b>		
41. Étkezési dara AD	Gyermely ZRT.	Gyermely
<b>B Ú Z A K O R P A</b>		
42. Búza (étkezési)	PRO-TEAM KHT.	Vaskút
43. Teljeskiőrl.BIO	Lipiliszt Kft.	Békéscsaba
44. Búza	Tápió-Malom Kft.	Tápiószele
45. Búza	Tápió-Malom Kft.	Tápiószele
46. Búza	Aszódi Malom	Aszód
47. Búza	Aszódi Malom	Aszód
48. Búza	EPMS RT.Malom	Kunszentmiklós
49. Búza	EPMS RT.Malom	Kunszentmiklós
50. Búza	EPMS RT.Malom	Kunszentmiklós
51. Búza	EPMS RT.Malom	Kunszentmiklós
52. Búza	EPMS RT.Malom	Kunszentmiklós
53. Búza	EPMS RT.Malom	Kunszentmiklós
54. Búza	EPMS RT.Malom	Kunszentmiklós
55. Búza (étkezési)	EPMS RT.Malom	Kunszentmiklós
<b>R O Z S K O R P A</b>		
56. Rozs	EPMS RT. Malom	Kunszentmiklós
57. Rozs	EPMS RT. Malom	Kunszentmiklós
58. Rozs	EPMS RT. Malom	Kunszentmiklós
59. Rozs	EPMS RT. Malom	Kunszentmiklós
60. Rozs	EPMS RT. Malom	Kunszentmiklós
<b>P É K Á R U K</b>		
61. Korpás félbarna kenyér	„NN” Sváb Pékség N és N Kft.	Pilisjászfalu
62. Félbarna kenyér 0,5 kg	Delta Pékség Kft.	Szigetszentmiklós
63. Bajor rozskenyér 1 kg	Delta Pékség Kft.	Pilisjászfalu
64. Sváb parasztkenyér 1 kg	Delta Pékség Kft.	Pilisjászfalu
65. Vizes zsemle	Pékség Budapest	Déli pu. CBA üzlet

**Malomipari termékek 2009.11.18. (mg/kg szárazanyagban)**

No	Al	As	B	Ba	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	K
<b>Búzaszem Tápió Malom Kft. Tápiószele</b>												
1	11,7	<0,4	0,605	1,60	519	<0,02	<0,04	0,182	4,66	47,2	<0,12	3171
2	21,4	<0,4	0,571	1,60	521	<0,02	<0,04	0,233	4,35	43,0	<0,12	3135
<b>Búzaszem Aszódi Malom</b>												
3	14,8	<0,4	0,633	3,30	432	0,024	<0,04	0,254	3,32	39,6	<0,12	3971
4	6,31	<0,4	0,645	3,69	447	0,022	<0,04	0,272	4,14	38,7	<0,12	4111
5	3,67	<0,4	0,933	1,83	404	<0,02	<0,04	0,232	3,95	34,9	<0,12	4231
6	4,18	<0,4	0,858	1,92	416	<0,02	0,050	0,109	5,46	37,6	<0,12	4504
7	2,83	<0,4	0,755	1,85	434	<0,02	0,056	<0,1	3,58	33,5	<0,12	3629
8	3,80	<0,4	0,664	1,89	464	0,023	0,040		3,44	39,5	<0,12	3876
<b>Búzaszem EPMS Rt. Malom Kunszentmiklós</b>												
9	4,21	<0,4	0,911	1,74	441	<0,02	0,058	<0,1	4,43	36,0	<0,12	3143
10	4,46	<0,4	0,932	1,71	451	<0,02	<0,04	<0,1	5,42	37,0	<0,12	3290
11	6,80	<0,4	1,09	1,93	479	<0,02	0,041	0,236	4,65	43,0	<0,12	3456
12	4,72	<0,4	0,721	1,13	383	<0,02	<0,04	<0,1	4,05	32,3	0,115	2940
13	5,63	<0,4	1,04	1,54	485	<0,02	0,059	<0,1	4,50	36,8	<0,12	3363
14	11,9	<0,4	0,728	2,48	519	0,028	<0,04	0,128	4,92	44,2	0,132	3432



Táblázat: 2. oldal

No	Al	As	B	Ba	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	K
Rozs szem EPMS Rt. Malom Kunszentmiklós												
15	5,73	<0,4	1,35	1,29	433	<0,02	<0,04	0,174	3,59	28,3	<0,12	5124
16	7,28	<0,4	1,23	1,20	484	<0,02	<0,04	0,172	3,51	30,8	<0,12	4816
17	5,99	<0,4	1,11	1,22	499	<0,02	0,048	0,124	3,73	29,4	<0,12	4894
Búza liszt Bicskei Malom Silkér Kft. Tatabánya												
18	2,45	<0,4	<0,4	0,530	243	<0,02	<0,04	<0,1	2,17	17,8	<0,12	1571
Búza liszt (Kunsági) ABO MILL Zrt. Nyíregyháza												
19	5,39	<0,4	<0,4	0,296	242	<0,02	<0,04	<0,1	3,53	14,1	<0,12	1336
Búza liszt (Bácskai) Diamant International Malom Kft. Baja												
20	2,52	<0,4	<0,4	0,406	254	<0,02	<0,04	<0,1	2,30	12,4	<0,12	1456
Búza liszt CERBONA Zrt. Székesfehérvár												
21	2,66	<0,4	<0,4	0,350	249	0,030	<0,04	0,137	3,87	9,81	<0,12	1244
Búza liszt GYERMELY Zrt.												
22	1,66	<0,4	<0,4	0,209	259	<kh	<0,04	<0,1	2,17	9,02	<0,12	1194
23	5,22	<0,4	<0,4	0,261	260	0,030	<0,04	<0,1	2,21	16,4	<0,12	1203
24	3,02	<0,4	<0,4	0,449	295	<0,02	<0,04	<0,1	2,77	17,2	<0,12	1479
25	4,40	<0,4	<0,4	0,228	247	<0,02	<0,04	<0,1	2,15	11,8	<0,12	1129
26	3,19	<0,4	<0,4	0,339	274	<0,02	<0,04	<0,1	2,80	15,6	<0,12	1384
Búza liszt Aszódi Malom												
27	2,80	<0,4	<0,4	11,6	251	<0,02	<0,04	0,187	2,31	10,3	<0,12	1448
28	4,03	<0,4	<0,4	0,626	258	<0,02	<0,04	<0,1	2,72	11,1	<0,12	1472

Táblázat: 3. oldal

No	Al	As	B	Ba	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	K
29	4,22	<0,4	<0,4	0,551	262	<0,02	<0,04	<0,1	2,03	18,8	<0,12	1665
30	3,27	<0,4	<0,4	0,524	255	<0,02	<0,04	<0,1	2,24	16,6	<0,12	1670
Búza liszt EPMS Rt. Malom Kunszentmiklós												
31	0,809	<0,4	<0,4	0,154	207	<0,02	<0,04	<0,1	1,81	8,96	<0,12	1406
32	2,10	<0,4	<0,4	0,168	208	<0,02	<0,04	<0,1	1,70	11,3	<0,12	1407
33	2,76	<0,4	<0,4	0,450	266	<0,02	<0,04	<0,1	2,11	9,74	<0,12	1242
34	3,61	<0,4	<0,4	0,226	222	<0,02	<0,04	<0,1	1,94	14,0	<0,12	1407
35	3,04	<0,4	<0,4	0,336	211	<0,02	<0,04	<0,1	2,32	11,8	<0,12	1437
36	4,43	<0,4	<0,4	0,332	220	<0,02	<0,04	<0,1	2,22	12,5	<0,12	1454
Rozs liszt EPMS Rt. Malom Kunszentmiklós												
37	3,52	<0,4	<0,4	0,265	226	<0,02	<0,04	<0,1	1,57	12,8	<0,12	2494
38	2,92	<0,4	<0,4	0,272	216	<0,02	<0,04	<0,1	1,67	15,0	<0,12	2496
39	4,04	<0,4	0,499	0,310	239	<0,02	<0,04	0,174	2,15	13,8	<0,12	2578
Durum liszt Csuta Imre												
40	6,68	<0,4	<0,4	1,12	324	<0,02	<0,04	<0,1	3,73	33,3	<0,12	3968
Étkezési dara GYERMELY Zrt.												
41	1,31	<0,4	<0,4	0,153	192	<0,02	<0,04	<0,1	1,60	5,8	<0,12	1021
Búza korpa (étkezési) PRO-TEAM Kht. Vaskút												
42	3,93	<0,4	2,41	6,29	960	<0,02	<0,04	<0,1	12,4	117	0,126	10126
Búza korpa (BIO) Lipiliszt Kft. Békéscsaba												
43	8,89	<0,4	2,91	12,7	1399	<0,02	0,045	0,311	12,1	152	<0,12	17558

Táblázat: 4. oldal

No	Al	As	B	Ba	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	K
<b>Búza korpa Tápió Malom Kft. Tápiószele</b>												
44	5,78	<0,4	2,09	4,78	933	0,020	<0,04	<0,1	10,0	111	<0,12	8289
45	6,92	<0,4	1,97	4,51	902	0,029	0,059	0,300	10,6	107	<0,12	7749
<b>Búza korpa Aszódi Malom</b>												
46	5,08	<0,4	2,98	9,56	1032	0,039	<0,04	<0,1	10,7	150	<0,12	12686
47a	5,58	<0,4	3,00	9,47	1057	0,041	<0,04	<0,1	10,7	151	<0,12	12725
47b	6,45	<0,4	2,91	9,32	1044	0,033	<0,04	<0,1	10,1	148	<0,12	12061
<b>Búza korpa EPMS Rt. Malom Kunszentmiklós</b>												
48	10,9	<0,4	4,04	6,76	1170	<0,02	<0,04	0,141	10,8	119	<0,12	10469
49	12,9	<0,4	4,02	6,85	1197	<0,02	<0,04	0,122	11,1	125	<0,12	10753
50	12,0	<0,4	3,81	6,87	1169	<0,02	<0,04	0,255	11,6	127	<0,12	10800
51	12,4	<0,4	3,99	6,93	1172	<0,02	0,057	<0,1	12,3	129	<0,12	10959
52	13,6	<0,4	3,86	6,81	1179	<0,02	<0,04	0,122	12,5	125	<0,12	10758
53	6,99	<0,4	3,68	6,12	1116	<0,02	<0,04	<0,1	17,0	133	<0,12	10201
54	8,49	<0,4	3,61	6,21	1144	<0,02	0,048	0,136	12,6	125	<0,12	10302
55	7,80	<0,4	2,98	10,4	1219	<0,02	0,081	<0,1	13,3	145	<0,12	12171
<b>Rozs korpa EPMS Rt. Malom Kunszentmiklós</b>												
56	2,79	<0,4	2,83	2,84	901	<0,02	<0,04	0,239	9,01	77,9	<0,12	14207
57	3,03	<0,4	2,77	2,83	904	<0,02	0,043	0,136	8,74	74,7	<0,12	14029
58	5,02	<0,4	2,89	2,96	944	<0,02	<0,04	0,125	8,76	85,6	<0,12	14639
59	2,85	<0,4	2,65	2,68	873	<0,02	<0,04	0,108	8,35	73,6	<0,12	13786

Táblázat: 5. oldal

No	Al	As	B	Ba	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	K
60	2,29	<0,4	2,74	2,76	906	<0,02	<0,04	<0,1	8,43	75,9	<0,12	14144
Pékáru (korpás félbarna kenyér) „NN” Sváb Pékség N és N Kft. Pilisjászfalu												
61	16,3	<0,4	<0,4	1,21	396	<0,02	0,054	<0,1	2,66	36,6	<0,12	2221
Félbarna kenyér 0,5 kg Delta Pékség Kft. Szigetszentmiklós												
62	9,79	<0,4	<0,4	0,540	317	<0,02	<0,04	<0,1	2,24	21,2	<0,12	1719
Pékáru (Bajor rozskenyér) N és N Kft. Pilisjászfalu												
63	7,46	<0,4	<0,4	0,838	791	<0,02	<0,04	<0,1	2,41	22,3	<0,12	1874
Pékáru (Sváb parasztkenyér) N és N Kft. Pilisjászfalu												
64	6,72	<0,4	<0,4	0,632	394	<0,02	<0,04	0,274	2,69	22,9	<0,12	2053
Pékáru (vizes zsemle) Déli pu. CBA üzlet Pékség, Budapest												
65	9,06	<0,4	<0,4	0,66	1118	<0,02	<0,04	<0,1	3,04	23,8	<0,12	1665

Megjegyzés: kimutatási határ= <As 0,4; B 0,4; Cd 0,02; Co 0,04; Cr 0,1; Hg 0,12; Ni 0,2; Pb 0,3; Se 0,6 mg/kg

Táblázat: 6. oldal

INo	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Se	Sr	Zn	S
<b>Búzaszem Tápió Malom Kft. Tápiószele</b>											
1	1100	38,6	0,522	28,1	0,203	3000	<0,3	<0,6	1,88	24,3	1521
2	1147	37,9	0,542	35,4	2,13	2995	<0,3	<0,6	1,82	23,8	1504
<b>Búzaszem Aszódi Malom</b>											
3	1136	32,2	0,700	31,9	0,912	3380	<0,3	<0,6	1,93	24,0	1383
4	1186	35,3	0,580	26,0	2,15	3469	<0,3	<0,6	2,01	25,3	1384
5	1200	37,6	1,51	10,7	0,776	3812	<0,3	<0,6	1,97	26,8	1389
6	1232	37,1	1,14	15,9	2,63	3880	<0,3	<0,6	1,98	29,3	1368
7	1050	32,4	0,482	11,5	0,580	2704	<0,3	<0,6	2,17	20,3	1345
8	1157	34,6	0,603	9,28	1,49	2990	<0,3	<0,6	2,34	23,3	1462
<b>Búzaszem EPMS Rt. Malom Kunszentmiklós</b>											
9	1167	35,0	0,527	7,83	1,42	2833	<0,3	<0,6	3,98	20,8	1482
10	1266	36,1	0,478	11,9	1,63	3039	<0,3	<0,6	4,12	21,6	1561
11	1240	39,5	0,795	9,79	2,48	3001	<0,3	<0,6	4,41	23,3	1554
12	1147	31,5	0,557	12,0	1,33	2597	<0,3	<0,6	3,37	18,4	1443
13	1255	35,8	0,660	15,2	3,35	2877	<0,3	<0,6	4,47	20,7	1525
14	1152	40,3	0,550	26,7	<0,2	3156	<0,3	<0,6	2,62	25,1	1677
<b>Rozs szem EPMS Rt. Malom Kunszentmiklós</b>											
15	1050	28,5	0,658	18,3	<0,2	3415	<0,3	<0,6	1,89	25,5	1244
16	996	25,3	0,663	32,1	<0,2	3240	<0,3	<0,6	1,86	25,9	1271
17	1026	26,4	0,663	19,7	<0,2	3311	<0,3	<0,6	2,00	26,3	1224

Táblázat: 7. oldal

No	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Se	Sr	Zn	S
<b>Búza liszt Bicskei Malom Sikér Kft. Tatabánya</b>											
18	321	9,42	0,473	5,91	<0,2	1274	<0,3	<0,6	1,08	10,5	1434
<b>Búza liszt (Kunsági) ABO MILL Zrt. Nyíregyháza</b>											
19	242	5,02	0,433	6,75	<0,2	1031	<0,3	<0,6	0,821	9,80	1304
<b>Búza liszt (Bácskai) Diamant International Malom Kft. Baja</b>											
20	303	6,60	0,380	5,43	<0,2	1066	<0,3	<0,6	1,15	8,16	1339
<b>Búza liszt CERBONA Zrt. Székesfehérvár</b>											
21	224	5,38	0,560	14,0	<0,2	1006	<0,3	<0,6	0,680	7,96	1341
22	222	5,12	0,345	6,13	<0,2	1002	<0,3	<0,6	0,672	6,69	1443
<b>Búza liszt Tápió Malom Kft. Tápiószele</b>											
23	291	6,44	0,336	5,87	<0,2	1111	<0,3	<0,6	0,612	8,09	1401
24	429	9,60	0,324	7,74	<0,2	1416	<0,3	<0,6	0,716	11,1	1446
25	274	5,53	0,312	5,21	<0,2	1031	<0,3	<0,6	0,591	7,46	1296
26	376	8,46	0,335	7,93	<0,2	1265	<0,3	<0,6	0,63	9,16	1401
<b>Búza liszt Aszódi malom</b>											
27	230	6,86	0,532	28,1	0,795	1029	<0,3	<0,6	0,65	9,65	1267
28	234	6,94	0,300	31,5	<0,2	1076	<0,3	<0,6	0,63	9,92	1304
29	335	8,44	0,300	10,4	<0,2	1212	<0,3	<0,6	0,82	9,09	1375
30	334	8,67	0,273	10,4	<0,2	1226	<0,3	<0,6	0,79	11,9	1334

Táblázat: 8. oldal

No	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Se	Sr	Zn	S
<b>Búza liszt EPMS Rt. Malom Kunszentmiklós</b>											
31	299	3,95	0,318	10,3	<0,2	942	<0,3	<0,6	1,15	5,27	1297
32	300	3,94	0,341	8,13	<0,2	952	<0,3	<0,6	1,18	5,10	1296
33	282	6,37	0,269	10,5	<0,2	1019	0,379	<0,6	0,84	7,35	1446
34	339	5,11	0,365	18,4	<0,2	1141	<0,3	<0,6	1,22	6,35	1217
35	343	5,08	0,348	19,1	<0,2	1127	<0,3	<0,6	1,23	6,39	1172
36	348	5,06	0,397	10,0	<0,2	1161	<0,3	<0,6	1,26	5,99	1173
<b>Rozs liszt EPMS Rt. Malom Kunszentmiklós</b>											
37	329	9,02	0,268	9,37	<0,2	1216	<0,3	<0,6	0,74	10,17	757
38	327	8,56	0,270	6,97	<0,2	1212	<0,3	<0,6	0,70	10,0	751
39	334	9,06	0,405	60,3	0,306	1225	<0,3	<0,6	0,76	13,0	770
<b>Durum liszt Csuta Imre</b>											
40	955	16,8	0,431	15,0	<0,2	3399	<0,3	<0,6	1,12	22,3	1465
<b>GYERMELY Zrt.</b>											
41	140	3,00	0,232	12,6	<0,2	784	<0,3	<0,6	0,49	4,59	1154
<b>Búza korpa (étkezési) PRO-TEAM Kht. Vaskút</b>											
42	4702	91,6	2,44	27,7	0,236	9487	<0,3	<0,6	8,94	88,1	1984
<b>Búza korpa (BIO) Lipiliszt Kft. Békéscsaba</b>											
43	7409	173	2,19	43,1	0,418	20490	<0,3	<0,6	10,2	108	1768

Táblázat: 9. oldal

No	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Se	Sr	Zn	S
<b>Búzakorpa Tápió Malom Kft. Tápiószele</b>											
44	3506	118	1,23	20,4	<0,2	8141	<0,3	<0,6	4,26	64,2	1694
45	3288	110	1,42	74,1	2,58	7487	<0,3	<0,6	4,09	63,1	1637
<b>Búza korpa Aszódi Malom</b>											
46	5215	146	1,40	28,8	0,971	11981	<0,3	<0,6	6,58	81,8	1751
47a	5265	149	1,44	36,9	1,01	12189	<0,3	<0,6	6,54	83,3	1836
47b	5021	140	1,39	35,7	0,729	11699	<0,3	<0,6	6,58	79,6	1712
<b>Búza korpa EPMS Rt. Malom Kunszentmiklós</b>											
48	5220	133	1,31	49,9	0,637	9692	<0,3	<0,6	13,8	55,8	1644
49	5282	133	1,33	56,6	0,610	10105	<0,3	<0,6	13,7	56,0	1630
50	5388	130	1,58	47,4	1,27	10308	<0,3	<0,6	13,3	57,2	1676
51	5373	135	1,41	60,3	1,40	10160	<0,3	<0,6	13,6	59,9	1659
52	5252	131	1,38	48,7	1,22	10240	<0,3	<0,6	13,6	58,0	1719
53	5674	145	1,64	46,3	2,11	10437	<0,3	<0,6	12,4	65,1	1943
54	5670	132	1,49	50,0	0,664	10178	<0,3	<0,6	13,2	54,8	1856
55	5140	157	1,63	28,5	0,256	11175	<0,3	<0,6	9,02	83,5	2116
<b>Rozs korpa EPMS Rt. Malom Kunszentmiklós</b>											
56	4064	68,6	1,47	23,4	0,996	11342	<0,3	<0,6	3,89	59,8	2106
57	3989	67,8	1,34	12,0	<0,2	11578	<0,3	<0,6	4,00	57,9	2092
58	4137	70,3	1,34	13,0	<0,2	11758	<0,3	<0,6	4,16	60,4	2146
59	3954	66,2	1,31	15,0	<0,2	11282	<0,3	<0,6	3,85	56,7	2081
60	4011	67,3	1,29	10,6	<0,2	11646	<0,3	<0,6	4,02	59,2	2114



Táblázat: 10. oldal

No	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Se	Sr	Zn	S
<b>Pékáru (korpás félbarna kenyér) „NN” Sváb Pékség N és N Kft. Pilisjászfalu</b>											
<b>61</b>	<b>512</b>	<b>12,9</b>	<b>0,425</b>	<b>11725</b>	<b>&lt;0,2</b>	<b>1717</b>	<b>&lt;0,3</b>	<b>&lt;0,6</b>	<b>2,56</b>	<b>12,7</b>	<b>1432</b>
<b>Félbarna kenyér 0,5 kg Delta Pékség Kft. Szigetszentmiklós</b>											
<b>62</b>	<b>330</b>	<b>10,7</b>	<b>0,447</b>	<b>7790</b>	<b>&lt;0,2</b>	<b>1415</b>	<b>&lt;0,3</b>	<b>&lt;0,6</b>	<b>0,968</b>	<b>9,92</b>	<b>1339</b>
<b>Pékáru (Bajor rozskenyér) N és N Kft. Pilisjászfalu</b>											
<b>63</b>	<b>419</b>	<b>9,62</b>	<b>0,397</b>	<b>9042</b>	<b>&lt;0,2</b>	<b>1478</b>	<b>&lt;0,3</b>	<b>&lt;0,6</b>	<b>1,57</b>	<b>12,2</b>	<b>1415</b>
<b>Pékáru (Sváb parasztkenyér) N és N Kft. Pilisjászfalu</b>											
<b>64</b>	<b>479</b>	<b>10,4</b>	<b>0,748</b>	<b>9671</b>	<b>0,814</b>	<b>1627</b>	<b>&lt;0,3</b>	<b>&lt;0,6</b>	<b>1,58</b>	<b>13,6</b>	<b>1495</b>
<b>Pékáru (vizes zsemle) Déli pu. CBA üzlet Pékség, Budapest</b>											
<b>65</b>	<b>247</b>	<b>4,55</b>	<b>0,166</b>	<b>8503</b>	<b>&lt;0,2</b>	<b>1208</b>	<b>&lt;0,3</b>	<b>&lt;0,6</b>	<b>1,56</b>	<b>10,7</b>	<b>1359</b>

Megjegyzés: kh=kimutathatási határ; As 0,4; B 0,4; Cd 0,02; Co 0,04; Hg 0,12; Ni 0,2; Pb 0,3; Se 0,6 mg/kg

**Tisztelt Malomipari Partnerek!**

Mellékelem (File: malom09-3, File: malomip) az ICP elemvizsgálatok eredményeit. Megállapítható, hogy a megküldött vizsgált malomipari termékek nemkívánatos szennyező elemeket, káros nehézfémeket szennyezésként nem tartalmaznak. Tehát humánélelmezési szempontból tiszták, nem kifogásolhatók. Az ilyen elemek koncentrációja méréshatár alatt maradt, mint pl.: As, Hg, Cd, Pb, Ni, Cr.

Az adatokból az is látható, hogy a magvak elemkészletének jelentős része a korpában dúsul. A liszt, illetve az abból készült kenyér esszenciális, élettanilag fontos elemekben (P, S, Mg, Ca, Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo) szegény. A kenyér viszont a belőle készült liszthez viszonyítva mintegy ezerszeresére dúsul Na-ban, a túlzott konyhasózás miatt. Ez a szennyezés a pékek bűne. Magyarországon már 4-5-szörös a nemkívánatos Na-bevitel (NaCl konyhasóval). A túlzott sófogyasztás növeli a magas vérnyomást, elhízást, szív-és érrendszeri betegségeket, infarktus gyakoriságát okozhatja. Aki szereti a kenyeret (mint jómagam is), a sóbevitel nagy részét ebből kaphatja. Az elemzések elhúzódtak. Ezért elnézést kérünk. Az analíziseket magánszorgalomból, kíváncsiságból végeztük, amikor erre alkalom volt.

**Kedves Kollégák! Köszönöm az együttműködést.**

**Üdvözlettel: Kádár Imre**

**Budapest, 2010-04-06**

---

**AZ MTA ATK TALAJTANI ÉS AGROKÉMIAI INTÉZET  
KIADVÁNYAI**

**BOOKS EDITED BY THE RESEARCH INSTITUTE**

---

- ELEK ÉVA, KÁDÁR IMRE 1980. Álló kultúrák és szántóföldi növények mintavételi módszere. Mezőgazdasági és Élelmezésügyi Minisztérium MÉM NAK. Budapest. 55 p.
- KÁDÁR IMRE 1991. A talajok és növények nehézfém-tartalmának vizsgálata. Környezetvédelmi Minisztérium – MTA TAKI. Akaprint. Budapest. 104 p.
- KÁDÁR IMRE 1992. A növény táplálás alapelvei és módszerei. MTA TAKI (Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet). Budapest. 398 p.
- KÁDÁR IMRE 1993. A kálium-ellátás helyzete Magyarországon. Környezetvédelmi Minisztérium – MTA TAKI. Akaprint. Budapest. 112 p.
- DITZ HEINRICH 1867. A magyar mezőgazdaság. Szerk.: Kádár I. (1993) MTA TAKI. BUDAPEST. Akaprint. 247 p.
- KÁDÁR IMRE, SZEMES IMRE 1994. A nyírlugosi tartamkísérlet 30 éve. MTA TAKI. Budapest. Akaprint. 248 p.
- CSATHÓ PÉTER 1994. A környezet nehézfém szennyezettsége és az agrár-termelés. Szakirodalmi Szemle. Akaprint. Budapest. 182 p.
- KÁDÁR IMRE 1995. A talaj–növény–állat–ember tápláléklánc szennyeződése kémiai elemekkel Magyarországon. Környezetvédelmi Minisztérium–MTA TAKI. REGICON Nyomda. Kompolt. Budapest. 388 p.
- LIEBIG JUSTUS v. 1840–1876. Kémia alkalmazása a mezőgazdaságban és a növényélettanban. (Szerk.: Kádár I. 1996) MTA TAKI. Akaprint. Bp. 341 p.
- THAER ALBRECHT 1809–1821. Az ésszerű mezőgazdaság alapjai. Trágyázás-tan. (Szerk.: Kádár I. 1996) MTA TAKI. Akaprint. Budapest. 100 p.
- NÉMETH TAMÁS 1996. Talajaink szervesanyag-tartalma és nitrogénforgalma. MTA TAKI. Budapest. 382 p.
- KÁDÁR IMRE 1998. Kármentesítési Kézikönyv 2. A szennyezett talajok vizsgálatáról. Környezetvédelmi Minisztérium. Nyomda: FHM. Budapest. 151 p.
- LÁSZTITY BORIVÓJ 2004. A nem-esszenciális elemek forgalma hazai gabona-félékben. Műegyetemi Nyomda. Budapest. 94 oldal.
- RAJKAI KÁLMÁN 2004. A víz mennyisége, eloszlása és áramlása a talajban. Licium-Art Kft. Debrecen. 208 oldal.
- NÉMETH TAMÁS, MAGYAR MARIANNA Szerk. 2005. Üzemi szintű tápanyag-mérleg számítási praktikum (Üzemi tápanyagmérlegek számításának alapelvei és módszerei). Spácium Kiadó és Nyomda Kft, Budapest. 116 p.
- NÉMETH TAMÁS (Szerk. 2005). A talaj vízgazdálkodása és a környezet. Ünnepi ülés Várallyay György 70. születésnapja alkalmából. MTA TAKI. Spácium Kiadó és Nyomda Kft. Budapest. 180 p.

- KOVÁCS GÉZA JÁNOS, CSATHÓ PÉTER (Szerk.): A magyar mezőgazdaság elemforgalma 1901 és 2003 között. Agronómiai és környezetvédelmi tanulságok. MTA TAKI-FVM, OPENART. Budapest. 264 p.
- LIEBIG, JUSTUS 1842. A szerveskémia alkalmazása az élettanban és a kórtanban. (Szerk. Kádár I. 2007) MTA TAKI. Akaprint. Budapest. 132 p.
- WOLFF EMIL 1872. Gyakorlati Trágyázástan. A fontosabb növényi tápanyagokról szóló bevezetéssel. Közérthető agrokémiai vezérfonal. (Szerk. Kádár I. 2007) MTA TAKI. Akaprint. Budapest. 128 p.
- NÉMETH TAMÁS, NEMÉNYI MIKLÓS & HARNOS ZSOLT (Szerk. 2007): A precíziós mezőgazd. módszertana. JATEPress – MTA TAKI. Szeged. 239 p.
- WILHELM KÖRTE 1839. Albrecht Thaer élete és munkássága orvosként és mezőgazdaként.(Szerk.: Kádár I. 2007) MTA TAKI. Akaprint. Budapest. 185 p.
- KÁDÁR IMRE 2010. Az MTA TAKI 60 éve (Kommentár nélkül). MTA TAKI. Akaprint. 120 p.
- KÁDÁR IMRE, SZEMES IMRE, LOCH JAKAB & LÁNG ISTVÁN 2011. A nyírlugosi műtrágyázási tartamkísérlet 50 éve. MTA TAKI. Akaprint. Budapest. 110 p.
- KÁDÁR IMRE, MÁRTON LÁSZLÓ, LÁNG ISTVÁN 2012. Az őrbottyáni 50 éves örökrozs és egyéb műtrágyázási tartamkísérletek tanulságai. MTA TAKI. Akaprint. Budapest. 172 p.
- KÁDÁR IMRE 2012. A mezőföldi műtrágyázási tartamkísérlet első évtizedének tanulságai. MTA TAKI. Akaprint. Budapest. 177 p.
- KÁDÁR IMRE 2012. A főbb szennyező mikroelemek környezeti hatása. MTA TAKI. Akaprint. Budapest. 359 p.
- KÁDÁR IMRE 2013. A mezőföldi műtrágyázási tartamkísérlet tanulságai 1984-2000. MTA ATK TAKI. Budapest. 357 p.
- KÁDÁR IMRE 2013. A gyepek műtrágyázásáról. MTA ATK TAKI. Budapest. 290 p.
- KÁDÁR IMRE 2013. Szennyvizek, iszapok, komposztok, szerves trágyák a talajtermékenység szolgálatában. MTA ATK TAKI. Budapest. 346 p.
- KÁDÁR IMRE 2015. Összefüggések a talaj termékenysége és tápanyagellátottsága között. MT ATK TAKI. Budapest. 389 p.
- KÁDÁR IMRE 2016. A növény táplálás alapelvei és módszerei. MTA ATK TAKI. Budapest. 422 p. (reprint)
- KÁDÁR IMRE, CSATHÓ PÉTER 2017. A főbb makro- és mikroelemek közötti kölcsönhatások kísérletes vizsgálata. MTA ATK. Martonvásár. 292. p.

---

Beszerezhető a szerzők címén: 1022 Budapest, Herman Ottó út 15.  
 Postacím: 1525 Budapest, Pf. 35. Tel./Fax: 212 2265  
 illetve letölthetők az MTA ATK TAKI honlapról  
<http://mta-taki.hu/kiadványok/szerző-kiadványai>